e-Tec Brasil/CEMF/Unimontes
Escola Técnica Aberta do Brasil

Meio Ambiente

Tratamento de Águas

Ellen Bárbara Santos Domingues Morais

Unimontes
Universidade Estadual de Montes Claros

Ministério da
Educação

e-Tec Brasil/CEMF/Unimontes
Escola Técnica Aberta do Brasil

Meio Ambiente

Tratamento de Águas

Ellen Bárbara Santos Domingues Morais

Unimontes
Universidade Estadual de Montes Claros

Montes Claros - MG
2011

Presidência da República Federativa do Brasil
Ministério da Educação
Secretaria de Educação a Distância

Ministro da Educação
Fernando Haddad

Secretário de Educação a Distância
Carlos Eduardo Bielschowsky

Coordenadora Geral do e-Tec Brasil
Iracy de Almeida Gallo Ritzmann

Governador do Estado de Minas Gerais
Antônio Augusto Junho Anastasia

Secretário de Estado de Ciência, Tecnologia e Ensino Superior
Alberto Duque Portugal

Unimontes
Universidade Estadual de Montes Claros

Reitor
João dos Reis Canela

Vice-Reitora
Maria Ivete Soares de Almeida

Pró-Reitora de Ensino
Anete Marília Pereira

Diretor de Documentação e Informações
Huagner Cardoso da Silva

Coordenador do Ensino Profissionalizante
Edson Crisóstomo dos Santos

Diretor do Centro de Educação Profissonal e Tecnólogica - CEPT
Juventino Ruas de Abreu Júnior

Diretor do Centro de Educação à Distância - CEAD
Jânio Marques Dias

Coordenadora do e-Tec Brasil/Unimontes
Rita Tavares de Mello

Coordenadora Adjunta do e-Tec Brasil/ CEMF/Unimontes
Eliana Soares Barbosa Santos

Coordenadores de Cursos:

Coordenador do Curso Técnico em Agronegócio
Augusto Guilherme Dias

Coordenador do Curso Técnico em Comércio
Carlos Alberto Meira

Coordenador do Curso Técnico em Meio Ambiente
Edna Helenice Almeida

Coordenador do Curso Técnico em Informática
Frederico Bida de Oliveira

Coordenador do Curso Técnico em Vigilância em Saúde
Simária de Jesus Soares

Coordenador do Curso Técnico em Gestão em Saúde
Zaida Ângela Marinho de Paiva Crispim

TRATAMENTO DE ÁGUAS
e-Tec Brasil/CEMF/Unimontes

Elaboração
Ellen Bárbara Santos Domingues Morais

Projeto Gráfico
e-Tec/MEC

Supervisão
Wendell Brito Mineiro

Diagramação
Hugo Daniel Duarte Silva
Marcos Aurélio de Almeida e Maia

Impressão
Gráfica RB Digital

Designer Instrucional
Angélica de Souza Coimbra Franco
Kátia Vanelli Leonardo Guedes Oliveira

Revisão
Maria Ieda Almeida Muniz
Patrícia Goulart Tondineli
Rita de Cássia Silva Dionísio

Apresentação e-Tec Brasil/Unimontes

Prezado estudante,

Bem-vindo ao e-Tec Brasil/Unimontes!

Você faz parte de uma rede nacional pública de ensino, a Escola Técnica Aberta do Brasil, instituída pelo Decreto nº 6.301, de 12 de dezembro 2007, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino técnico público, na modalidade a distância. O programa é resultado de uma parceria entre o Ministério da Educação, por meio das Secretarias de Educação a Distância (SEED) e de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC), as universidades e escola técnicas estaduais e federais.

A educação a distância no nosso país, de dimensões continentais e grande diversidade regional e cultural, longe de distanciar, aproxima as pessoas ao garantir acesso à educação de qualidade, e promover o fortalecimento da formação de jovens moradores de regiões distantes, geograficamente ou economicamente, dos grandes centros.

O e-Tec Brasil/Unimontes leva os cursos técnicos a locais distantes das instituições de ensino e para a periferia das grandes cidades, incentivando os jovens a concluir o ensino médio. Os cursos são ofertados pelas instituições públicas de ensino e o atendimento ao estudante é realizado em escolas-polo integrantes das redes públicas municipais e estaduais.

O Ministério da Educação, as instituições públicas de ensino técnico, seus servidores técnicos e professores acreditam que uma educação profissional qualificada – integradora do ensino médio e educação técnica, – não só é capaz de promover o cidadão com capacidades para produzir, mas também com autonomia diante das diferentes dimensões da realidade: cultural, social, familiar, esportiva, política e ética.

Nós acreditamos em você!

Desejamos sucesso na sua formação profissional!

Ministério da Educação
Janeiro de 2010

Indicação de ícones

Os ícones são elementos gráficos utilizados para ampliar as formas de linguagem e facilitar a organização e a leitura hipertextual.

Atenção: indica pontos de maior relevância no texto.

Saiba mais: oferece novas informações que enriquecem o assunto ou "curiosidades" e notícias recentes relacionadas ao tema estudado.

Glossário: indica a definição de um termo, palavra ou expressão utilizada no texto.

Mídias integradas: possibilita que os estudantes desenvolvam atividades empregando diferentes mídias: vídeos, filmes, jornais, ambiente AVEA e outras.

Atividades de aprendizagem: apresenta atividades em diferentes níveis de aprendizagem para que o estudante possa realizá-las e conferir o seu domínio do tema estudado.

Sumário

Palavra do professor conteudista 11
Projeto instrucional 13
Aula 1 - Água, um bem fundamental 15
1.1 A água e o corpo humano 15
1.2 Consumo de água e desenvolvimento 16
1.3 Distribuição da água no planeta 17
1.4 Qualidade da água 17
Resumo 18
Atividades de aprendizagem 18
Aula 2 - Conceitos gerais relativos ao tratamento de água 19
2.1 Saneamento básico 19
2.2 Abastecimento de água 20
Resumo 22
Aula 3 - Requisitos de qualidade da água para consumo humano 23
3.1 Requisitos físicos 23
3.2 Requisitos químicos 24
3.3 Requisitos microbiológicos 25
Resumo 26
Atividades de aprendizagem 26
Aula 4 - Tratamentos da água para o consumo humano 27
4.1 Tratamento domiciliar 27
4.2 Tratamento público 28
Resumo 31
Atividades de aprendizagem 31
Aula 5 - Instalações típicas para tratamento das águas de abastecimento 33
5.1 Captação de água bruta do manancial 33
5.2 Estação elevatória e adutora de água bruta 34
5.3 Estação de tratamento de água (ETA) 34
5.4 Reservatórios de compensação 37
5.5 Estação elevatória e adutora de água tratada 38
5.6 Reservatórios de distribuição da cidade 38
5.7 Rede de distribuição 39
Resumo 40
Aula 6 - Hidráulica – conceitos gerais 41
6.1 Conceito de hidráulica 41
6.2 Propriedades físicas dos líquidos 41
6.3 Hidrostática 44
6.4 Hidrodinâmica 47
Resumo 47
Atividades de aprendizagem 47

Aula 7 - Coagulação e mistura rápida 49
7.1 Definições de coagulação e mistura rápida 49
7.2 Parâmetros para o projeto de unidade de mistura rápida..... 50
7.3 Medição de vazão 51
Resumo 52
Atividades de aprendizagem..... 52
Aula 8 - Misturadores empregados na mistura rápida 53
8.1 Misturadores hidráulicos 53
8.2 Misturadores mecanizados..... 56
Resumo 58
Aula 9 - Floculação..... 59
9.1 Mistura lenta ou floculação 59
9.2 Tipos de floculadores..... 59
9.3 Normas da NBR 12216 para projetos de floculadores 65
9.4 Ensaios de floculação *(Jar-test)* 66
Resumo 67
Atividades de aprendizagem..... 67
Aula 10 - Decantação 69
10.1 Decantação ou sedimentação..... 69
10.2 Dimensionamento hidráulico para a decantação..... 69
10.3 Tipos de decantadores..... 70
10.4 Formatos e números de decantadores..... 71
10.5 Zonas dos decantadores 72
10.6 Dispositivos dos decantadores 72
10.7 Limpeza dos decantadores 73
Resumo 75
Atividades de aprendizagem..... 75
Aula 11 - Filtração..... 77
11.1 Introdução 77
11.2 Tipos de filtros 78
11.3 Materiais filtrantes..... 80
11.4 Tipos de fundo falso..... 82
11.5 Lavagem dos filtros 83
Resumo 87
Atividades de aprendizagem..... 87
Aula 12 - Produtos químicos utilizados no tratamento das águas de abastecimento 89
12.1 Introdução 89
12.2 Coagulação 90
12.3 Ajustagem de pH 90
12.4 Controle de corrosão..... 90
12.5 Controle e remoção de odor e sabor 90
12.6 Desinfecção..... 91
12.7 Fluoretação..... 93
Resumo 95
Atividades de aprendizagem..... 95

Aula 13 - Estações de tratamento de água padronizadas e compactas 97
13.1 Introdução 97
13.2 ETA padronizada ou convencional 97
13.3 ETA compacta 98
13.4 Considerações gerais sobre ETAs 100
Resumo 100
Atividades de aprendizagem 100
Referências 101
Currículo do professor conteudista 104

Palavra do professor conteudista

Caro aluno,

O conhecimento é essencial para a prática de qualquer profissão no mundo moderno, permitindo até mesmo o seu comprometimento com a melhoria da condição de vida da população humana.

Nesta disciplina, onde estudaremos o tratamento das águas, você vai avançar ainda mais nos seus conhecimentos sobre o meio ambiente e ampliar a sua visão de técnico.

Os textos e as atividades foram preparados de forma que a sua participação resulte em aprendizagem. Além disso, também é preciso pesquisar, raciocinar e observar.

Durante esta fase de seu estudo, você desenvolverá importantes noções sobre:

- conceitos gerais relativos ao tratamento de água;
- requisitos de qualidade da água para o consumo humano;
- tratamentos da água para o consumo humano;
- instalações típicas para tratamento das águas de abastecimento;
- hidráulica aplicada ao tratamento de água;
- coagulação;
- floculação;
- sedimentação;
- tipos de decantadores;
- filtração;
- modalidades de filtros;
- produtos químicos utilizados no tratamento das águas de abastecimento;
- estação de tratamento de águas padronizada e compacta.

Desejo que este caderno seja muito útil a você. Estude com determinação e competência, pois estas características são importantes degraus para o seu sucesso.

Se esforce e vença!

Projeto instrucional

Disciplina: Tratamento das Águas (carga horária: 56h).

Ementa: Conceitos gerais relativos ao tratamento de água; abordagem genérica dos diversos processos de tratamento; instalações típicas para tratamento das águas de abastecimento; hidráulica aplicada ao tratamento de água – conceitos gerais; teoria da coagulação; mistura rápida: processos, dimensionamento e projeto; floculação: teoria, projeto e dimensionamento; teoria da sedimentação; decantadores convencionais e de fluxo laminar: projeto e dimensionamento; teoria da filtração; filtros: modalidades, projeto e dimensionamento; produtos químicos utilizados no tratamento das águas de abastecimento; estação de tratamento de águas padronizada e compacta.

AULA	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM	MATERIAIS	CARGA HORÁRIA
Aula 1. Água, um bem fundamental	Reconhecer a importância da água; entender a distribuição da água no planeta.		3 h
Aula 2. Conceitos gerais relativos ao tratamento de água	Conhecer os principais conceitos e informações relativos ao tratamento das águas.		3 h
Aula 3. Requisitos de qualidade da água para o consumo humano	Conhecer os requisitos físicos, químicos e microbiológicos da água, relacionando-os com os padrões de qualidade da água para o consumo humano.		3 h
Aula 4. Tratamentos da água para o consumo humano	Reconhecer os métodos utilizados no tratamento da água para o consumo doméstico.		4 h
Aula 5. Instalações típicas para tratamento das águas de abastecimento	Conhecer as instalações convencionais utilizadas para produzir água potável.		5 h

Aula 6. Hidráulica - conceitos gerais	**Conceituar hidráulica; definir as propriedades físicas dos líquidos; estabelecer os princípios básicos e os fundamentos que regem a hidráulica.**		**5 h**
Aula 7. Coagulação e mistura rápida	**Entender a coagulação e seus processos; conhecer os parâmetros para o projeto de uma unidade de mistura rápida; compreender vazão e seu cálculo.**		**3 h**
Aula 8. Misturadores empregados na mistura rápida	**Conhecer os tipos de dispositivos utilizados para a mistura rápida.**		**4 h**
Aula 9. Floculação	**Entender o processo de floculação; conhecer os tipos de floculadores; aprender as normas e os ensaios para o procedimento da floculação.**		**6 h**
Aula 10. Decantação	**Aprender o processo de decantação e seus principais parâmetros de dimensionamento hidráulico; reconhecer os tipos de decantadores, seus formatos, números, zonas e dispositivos; estudar a limpeza de decantadores.**		**5 h**
Aula 11. Filtração	**Entender a teoria da filtração; conhecer os tipos de filtros, materiais filtrantes e fundos falsos; aprender como ocorre a lavagem dos filtros.**		**6 h**
Aula 12. Produtos químicos utilizados no tratamento das águas de abastecimento	**Conhecer os principais produtos químicos utilizados nas estações de tratamento de água para o consumo humano.**		**5 h**
Aula 13. Estações de tratamento de água padronizadas e compactas	**Diferenciar as ETAs convencionais das compactas; conhecer ETA compacta aberta e ETA compacta fechada; aprender as considerações necessárias para a execução de projetos de ETAs.**		**4 h**

Aula 1 - Água, um bem fundamental

Objetivos

Reconhecer a importância da água como fonte de vida e de desenvolvimento.

Entender a distribuição da água no planeta.

Compreender a importância da qualidade da água no âmbito da preservação deste recurso e da sua relação com a transmissão de doenças.

1.1 A água e o corpo humano

Nosso corpo é constituído, em média, por 60 a 70% de água. Essa quantidade deve permanecer constante para garantir a **homeostase** e o bom funcionamento do organismo.

Diariamente, perdemos água pelo suor, pela respiração, pelas fezes e pela urina. Para nos sentirmos bem, devemos ingerir a mesma proporção de água que o corpo perde a cada 24 horas.

Quando a quantidade de água no corpo começa a diminuir, sentimos sede. Se essa perda for muito intensa, pode ocorrer um quadro conhecido como **desidratação**, o qual, em casos graves, expõe a pessoa ao risco de morte.

A falta de água para o ser humano é mais prejudicial ao organismo do que a falta de alimento.

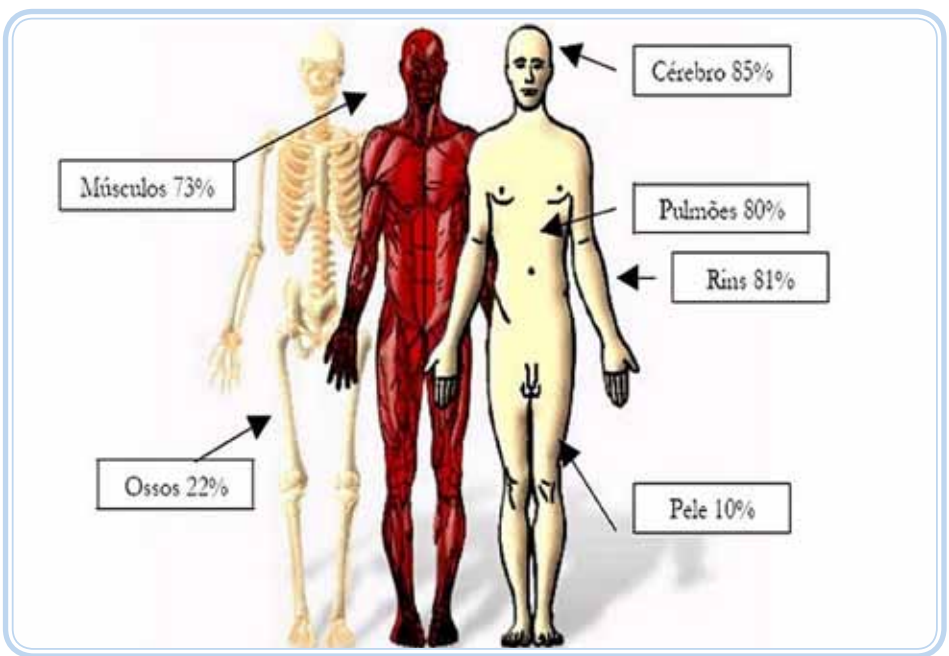

Figura 1: Quantidade de água nos principais tecidos e órgãos do corpo humano.
Fonte: Disponível em: <http://anossaagua.blogspot.com> Acesso em 07 de abril de 2011.

- O ser humano pode passar até 28 dias sem comer, mas apenas 3 dias sem ingerir líquidos.
- Um adulto precisa ingerir de um litro e meio a dois litros de água por dia.
- Uma criança precisa ingerir de cinquenta a sessenta ml de água para cada kg de peso, por dia.

1.2 Consumo de água e desenvolvimento

Como você acaba de aprender, a água é um recurso fundamental para a vida. Foi na água que a vida surgiu, e seria difícil imaginarmos a sobrevivência de qualquer forma de vida na falta deste recurso vital.

Para o ser humano, a importância da água tornou-se evidente a partir da descoberta de que a produção de alimentos dependia da oferta de água empregada nas plantações.

As cidades que cresceram no Egito, após a revolução agrícola (5000 anos antes de Cristo), estabeleceram-se próximas aos rios que atendiam suas necessidades (GRASSI, 2001). Adiante, a água também passou a ser usada na movimentação de máquinas, como os moinhos, e, por fim, na indústria.

Assim, percebemos porque a água é hoje uma das substâncias mais utilizadas pelo ser humano para a sua sobrevivência, o seu bem-estar e a sua saúde.

A-Z

Homeostase: estado de equilíbrio do organismo.

Desidratação: ação de tirar água de.

Dessedentação: ação de tirar/saciar a sede.

Ecossistemas: conjuntos de seres vivos e elementos inanimados nas interações de um meio natural.

Mananciais: nascentes de água.

Potabilidade: qualidade da água própria para ser bebida.

Figura 2: Usos múltiplos da água no mundo.
Fonte: Disponível em: <http://www.cesan.com.br/e107_images/11-2.jpg> Acesso em 06 de abril de 2011.

1.3 Distribuição da água no planeta

De acordo com Silva (2004), nosso planeta está inundado de água; um volume de aproximadamente 1,4 bilhão de Km3 cobre cerca de 70% da superfície da Terra. Apesar disso, a água não está distribuída de maneira uniforme no planeta, e nem sempre está disponível de acordo com as nossas necessidades.

A maior parte da população do mundo não tem acesso à água. Pior que isso é sabermos que estudos indicam uma diminuição da água disponível para o nosso uso. Tal diminuição ocorre como consequência de uma grande demanda por alimentos gerada pelo crescimento populacional mundial.

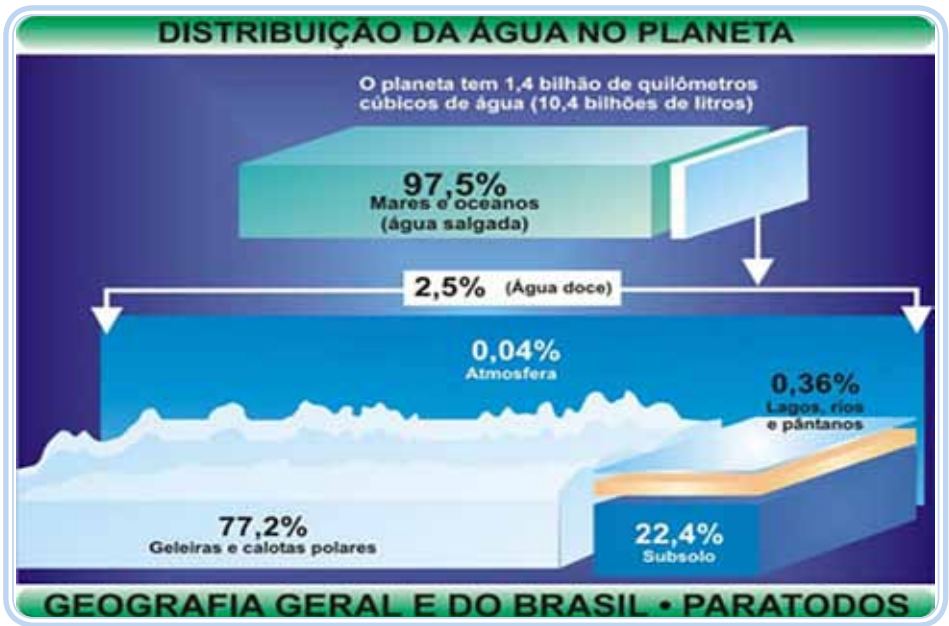

Figura 3: Distribuição da água no planeta.
Fonte: Disponível em: <http://www.geografiaparatodos.com.br/img/img06.jpg> Acesso em 08 abr. 2011.

No Brasil, cerca de 70 a 80% da água doce disponível está na Bacia Amazônica, onde vive 7% da população. O restante, aproximadamente 20%, distribui-se desigualmente pelo país. A região Sudeste, com 43% da população, conta com apenas 6% da reserva hídrica. Já a região Nordeste, que abriga 29% da população, dispõe de 3% de água doce.

1.4 Qualidade da água

A qualidade da água disponível é uma característica que pode agravar o problema da falta deste recurso.

A qualidade da água no nosso planeta tem piorado a cada dia. A poluição da água intensificou-se após a Segunda Guerra Mundial, quando foram observados aumentos nos processos de urbanização e industrialização. Além da poluição dos mananciais, outra ocorrência preocupante é o desperdício, que corresponde à metade da água necessária para o abastecimento das grandes cidades do nosso planeta.

Dessa forma, muitas pessoas ainda não têm acesso à água em quantidade suficiente e com características de potabilidade.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que 25 milhões de pessoas no mundo morram por ano devido a doenças transmitidas pela água,

Leia a cartilha, Água não tratada é porta aberta para várias doenças, da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA MG. Disponível em: <http://www.copasa.com.br/media2/.../COPASA_Doenças.pdf>

e aponta também que, nos países em desenvolvimento, 70% da população rural e 25% da população urbana não possuem abastecimento apropriado de água para o consumo humano (STEFANELLI e OLIVEIRA, 2009).

Há muito tempo, o homem percebeu a possibilidade de adquirir doenças pela água. Da mesma forma, registros sobre medidas visando à melhoria da qualidade de água existem desde 2000 anos antes de Cristo. Todavia, somente no século XIX a água foi reconhecida como meio de veiculação de doenças, sendo ainda constatado que seria possível de se reduzir esse risco através do tratamento da água (ROSSIN, 1987).

Resumo

Nesta aula, você entendeu que é impossível pensar em vida e desenvolvimento sem fazer qualquer referência à necessidade de água. Aprendeu ainda que a água não está distribuída de maneira uniforme no planeta, o que é agravado pela disponibilidade conforme as necessidades humanas. Dessa forma, muitas pessoas ainda não possuem acesso à água com características de qualidade que lhes garantam bem-estar e saúde, já que a água representa um importante meio de veiculação de doenças quando não recebe tratamento adequado.

Atividades de aprendizagem

1) A tirinha a seguir refere-se à distribuição de água no planeta. Analise-a e responda ao que se pede.

Manhê, me ajuda na lição de casa. Se a Terra costuma ser chamada de Planeta Água, por que temos que nos preocupar em economizar água?
Porque não existe água para tudo mundo... E nós bebemos água doce... E a água dos oceanos é salgada... E...
Tá bom, já entendi! Então em caso de emergência, você vai me deixar pular pra dentro do aquário, né?
TERRA
TERRA
TERRA

Fonte: Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/imagem/fwa/1250536984224_133.gif> Acesso em 06 de abril de 2011.

Alguns pesquisadores afirmam que, daqui a 20 anos, aproximadamente, as guerras entre as nações não serão por causa do petróleo, mas por causa da água. Por que se acredita que isto pode acontecer, se mais de 70% do planeta Terra é coberto de água?

Aula 2 - Conceitos gerais relativos ao tratamento de água

Objetivos

Conhecer os principais conceitos e as informações importantes para o estudo do tratamento das águas.

Perceber as relações entre saneamento básico e qualidade de vida.

2.1 Saneamento básico

Você conhece o ciclo hidrológico e sabe que a quantidade total de água que existe na Terra é praticamente a mesma desde que o nosso planeta se formou. Mas por que existem pessoas sofrendo com a falta de água? A resposta está nas alterações ambientais, como drenagem dos solos, desmatamentos, ocupação humana etc. Convém lembrar que os seres humanos precisam de água potável, aquela que é própria para beber e que pode ser consumida sem trazer danos à saúde.

Neste contexto, o saneamento básico constitui, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), o controle de todos os fatores do meio físico do homem, os quais exercem ou podem exercer efeitos prejudiciais ao seu bem-estar, à sua saúde e à sua sobrevivência (OTTONI e OTTONI, 1999). Logo, o saneamento básico é o instrumento governamental pelo qual deve ser garantida água potável à população.

- De maneira geral, o saneamento básico consiste em:
- tratar e distribuir a água em quantidade satisfatória para garantir as condições básicas de sobrevivência;
- coletar, tratar e dispor adequadamente as águas residuárias (esgotos sanitários, resíduos líquidos industriais e agrícolas);
- recolher e destinar adequadamente o lixo;
- coletar as águas pluviais e controlar empoçamentos e inundações.

A-Z

Drenagem: escoamento de águas de terrenos encharcados, por meio de tubos, valas ou fossos.
Dispor: colocar ou distribuir.
Pluviais: provenientes da chuva.

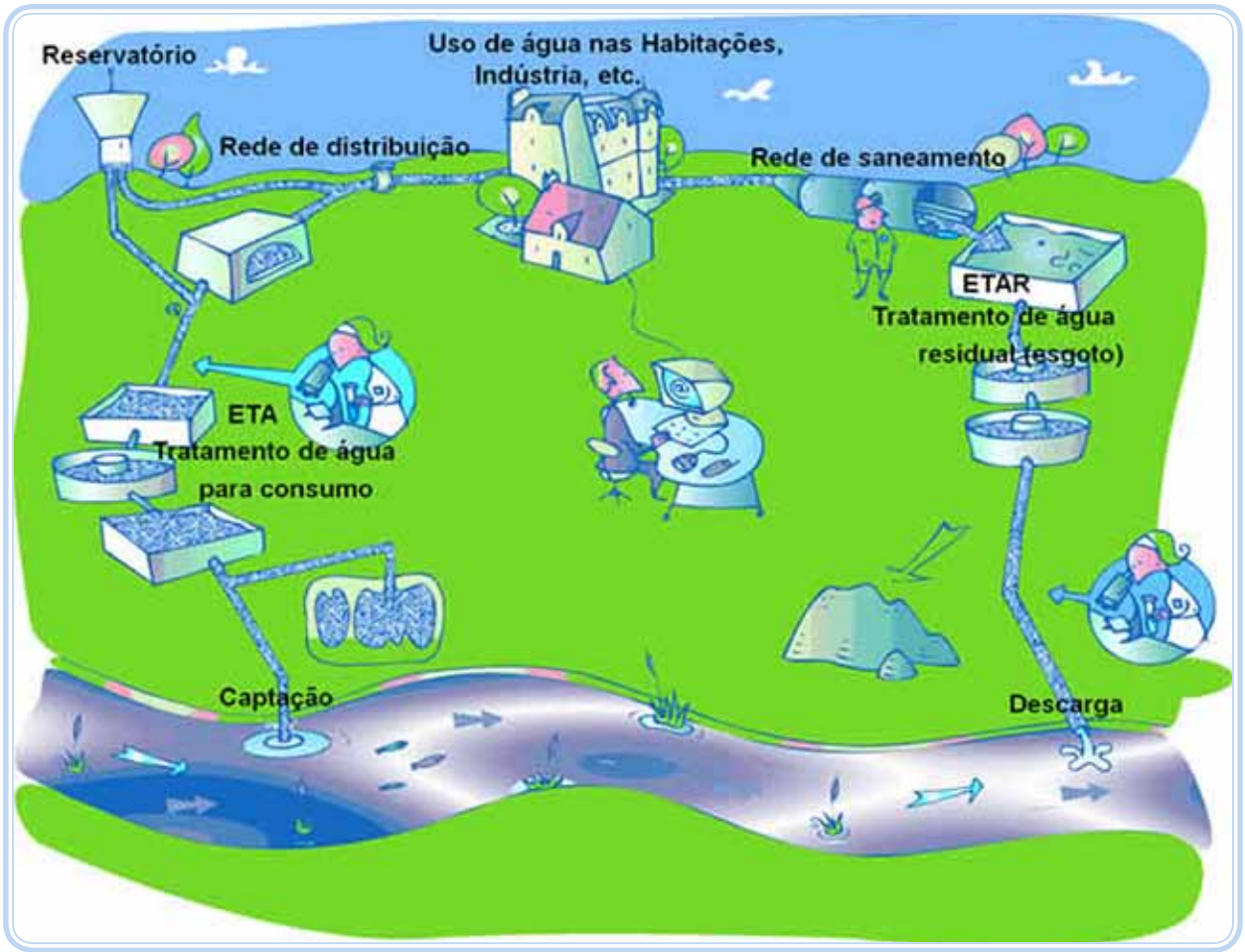

Figura 5: Principais ações do saneamento básico.
Fonte: Disponível em: < http://www.correnterioleca.com/fotos/cicloagua.jpg> Acesso em 14 de abril de 2011.

2.2 Abastecimento de água

Como você notou, o abastecimento de água é uma das competências do saneamento básico. Para Medeiros (2011), o Sistema de Abastecimento Público de Água constitui-se no conjunto de obras, instalações e serviços destinados a produzir e distribuir água a uma comunidade, em quantidade e qualidade compatíveis com as necessidades da população, para fins de consumo doméstico, de serviços públicos, de consumo industrial e outros usos.

No Brasil, o abastecimento de água atinge 81,91% da população, sendo 92,57% do meio urbano e 27,95% do meio rural (TOZATO e PIRES, 2010). O que você acha de complementar seus conhecimentos sobre este assunto pesquisando os dados de abastecimento de outros países?

Como você pode perceber, o sistema de abastecimento de água pode ser um indicativo do desenvolvimento e da saúde pública de um país, já que transforma a água inadequada para o consumo humano em um produto que esteja de acordo com os padrões de potabilidade.

Para entendermos melhor o abastecimento de água, veja, a seguir, as partes constituintes de um sistema de abastecimento público de água.

- Manancial: é a fonte de onde se tira a água. Antes de se escolher um manancial, deve-se observar a quantidade e a qualidade da água do mesmo.
- Captação: é o conjunto de equipamentos e instalações utilizados para retirar a água do manancial.
- Adução: parte do sistema constituída de canalizações que promovem o transporte da água em um sistema de abastecimento público. A adução pode ser por gravidade, recalque ou mista. Adução por recalque ocorre por rebaixamento de lençóis de água através de tubulações e bombeamento com consumo de energia elétrica. Já a adução mista é aquela em que parte do transporte de água é feita por gravidade e a outra parte por recalque. Deve-se priorizar a adução por gravidade para se evitar gastos adicionais de energia.
- Reservatório de distribuição: depósito empregado para acumular água para atender ao consumo e às demandas de emergência.
- Rede de distribuição: circuito que leva a água do reservatório ou da adutora para pontos de consumo a serem abastecidos na cidade.
- Tratamento: visa remover impurezas existentes na água, bem como eliminar micro-organismos que causem mal à saúde, adequando a água existente no manancial ao padrão de qualidade em vigor.
- ETA: estação de tratamento de água.
- ETAR: estação de tratamento de águas residuais (esgotos sanitários, resíduos líquidos industriais e agrícolas).

Figura 6: Esquema do Sistema de Abastecimento de Água.
Fonte: Disponível em: <http://www.aguasdomondego.pt/files/115.jpg> Acesso em 14 de abril de 2011.

- Padrão de qualidade: é o conjunto das características de qualidade da água para o consumo humano, quantificadas por números ou classificadas por propriedades específicas, cujos valores lhe conferem a condição de ser adequada para este uso oficialmente. Tais padrões, segundo a ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, (NBR 12216, 1992), são constituídos por um conjunto de parâmetros e respectivos limites, como, por exemplo, concentrações de poluentes, em relação aos quais os resultados dos exames de uma amostra de água são comparados. Os padrões são estabelecidos com base em critérios científicos que avaliam o risco para uma dada vítima e o dano causado pela exposição a uma dose conhecida de um determinado poluente. No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os critérios científicos para a proteção das comunidades aquáticas, da saúde humana e animal.
- Controle da qualidade: é uma função tecnológica que visa às informações através das quais se mantém um sistema público de abastecimento de água em condições que fazem com que, do mesmo, se obtenha e se mantenha a qualidade estabelecida através do padrão. A detecção de variações na qualidade da água no sistema de abastecimento é feita por meio de:
  - inspeção sanitária periódica em todo o sistema (do manancial ao consumidor); e
  - conhecimento da qualidade da água em qualquer fase do seu percurso (do manancial ao consumidor) por meio de análises da água.

Resumo

Leia a Resolução CONAMA 020/86, que classifica as águas doces, salobras e salinas do território nacional, definindo os padrões de qualidade de cada uma dessas classes, segundo os usos que se quer dar-lhes. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama/>

A aula sobre conceitos gerais relativos ao tratamento de água permitiu que você entendesse que o saneamento básico é um instrumento público cuja principal função é garantir saúde e qualidade de vida a uma população. Agora, você sabe também que o abastecimento público de água é uma das competências do saneamento básico, e que se constitui em um sistema de obras, instalações e serviços destinados a produzir e distribuir água potável a uma comunidade.

Aula 3 - Requisitos de qualidade da água para consumo humano

Objetivo

Conhecer os requisitos físicos, químicos e microbiológicos da água, relacionando-os com os padrões de qualidade da água para o consumo humano.

3.1 Requisitos físicos

Cor: pode ser o resultado da presença de substâncias como metais, matéria orgânica em decomposição, **algas**, plantas aquáticas, **protozoários** ou resíduos de indústrias de mineração, refinarias, explosivos, papel etc. A cor em sistemas públicos de abastecimento de água é indesejável para o consumidor e prejudicial para algumas indústrias, já que, para nós, uma água com cor é sinônimo de água suja e imprópria para o consumo.

Figura 7: À esquerda, água imprópria para o consumo humano; à direita, água incolor, esteticamente própria para o consumo humano.
Fonte: Disponível em: <http://www.membrodebanco.blogspot.com> Acesso em 15 de abril de 2011.

Odor e sabor: são as características principais usadas para determinar o uso ou a aceitabilidade da água, pois nós não consumimos uma água com cheiro ou sabor. A presença de odor ou sabor na água pode ser o resultado da ação de fatores naturais como algas, vegetação em decomposição, bactérias e fungos, e também fatores artificiais gerados da ação humana, como os **fenóis** e certas **aminas**.

Algas: organismos aquáticos fotossintetizantes.

Protozoários: organismos microscópicos, constituídos por uma única célula. Alguns são causadores de doenças.

Fenóis: substâncias químicas obtidas principalmente através da extração de óleos a partir do alcatrão. Geralmente, são sólidos, cristalinos, tóxicos e pouco solúveis em água.

Aminas: classe de compostos químicos orgânicos nitrogenados derivados do amoníaco (NH_3).

Plânctons: micro-organismos que vivem flutuando próximos à superfície da água.

Detritos orgânicos: materiais orgânicos resultantes de processos metabólicos ou em decomposição, como fezes e cadáveres.

Erosão: desgaste do solo pela ação de elementos como o vento e a água.

Ocular: referente ao olho.

Incrustações: referente à incrustar.

Incrustar: cobrir com crosta dura.

Turbidez: é originada da presença de fragmentos sólidos em suspensão na água, os quais diminuem a claridade e a transmissão da luz do meio aquático. Pode ser provocada por plânctons, detritos orgânicos e outras substâncias, como zinco, ferro, compostos de manganês e areia, resultantes do processo natural de erosão ou de escoamentos domésticos ou industriais. Se na sua cidade existe rio ou mesmo lago ou lagoa, você já deve ter observado que, na estação chuvosa, a água fica "barrenta" devido às enxurradas e ao processo de erosão. Nessas condições, a água possui alta turbidez. Por outro lado, uma água "limpa" possui baixa turbidez.

Figura 8: Diferentes estágios de turbidez da água de um lago em Sertanópolis (PR). Em A, água turva e avermelhada, logo após dias de chuvas. Em B, água menos turva e mais límpida.
Fonte: Disponível em: <http://www.cmbconsultoria.com.br/wp-content/gallery/ecovillas_mon_abr08/figura1-2_estagio-agua.jpg> Acesso em 15 de abril de 2011.

3.2 Requisitos químicos

pH: o significado da sigla é potencial hidrogeniônico; este índice indica a acidez, a neutralidade ou a alcalinidade de uma substância. Na água, pode contribuir para a corrosão das estruturas das instalações hidráulicas e do sistema de distribuição, podendo acrescentar à própria água elementos químicos como: ferro, cobre, chumbo, zinco e cádmio. O potencial hidrogeniônico, geralmente, não causa efeitos diretos aos consumidores, sendo que seu índice normal pode variar de 6,5 a 9,5. Alguns estudos indicam que um índice de pH acima de 11 pode acarretar irritação ocular e problemas de pele.

Alcalinidade: é causada pela presença de sais na água, principalmente os sais de sódio e cálcio. Em níveis moderados, a presença de sais na água não altera o nosso consumo, porém, concentrações elevadas podem gerar sabor desagradável.

Dureza: é causada principalmente pelo cálcio e pelo magnésio, diluídos na água. Normalmente, este requisito é expresso pela quantidade de carbonato de cálcio na água. Índices superiores a 200mg/l podem causar incrustações no sistema de distribuição e gerar um consumo excessivo de sabão, já que o carbonato de cálcio atrapalha a formação de espuma. Uma água com índice elevado de dureza, quando aquecida, provoca incrustações de carbonato de cálcio. Agora, você já sabe que, se ocorrer, por exemplo, o fechamento dos orifícios do seu chuveiro, é porque a água que você consome apresenta índice elevado de dureza.

Salinidade: ocorre quando há muito sal dissolvido na água. A água do mar é salgada e podemos ter, nas áreas onde os rios desembocam no mar, uma mistura de água doce com a salgada, originando a água salobra. A salinidade é uma propriedade importante, pois nós não bebemos água salgada nem salobra.

Oxigênio dissolvido: é um requisito muito importante, já que a maioria dos organismos necessita deste composto para a respiração. O oxigênio dissolvido na água é oriundo da atmosfera ou da fotossíntese realizada pelas algas e pelos vegetais aquáticos. Por isto, a medida de oxigênio é muito importante para se determinar o estado de saúde da fonte de água que utilizamos. Quando temos pouco oxigênio na água, é provável que a mesma esteja com algum problema. Por exemplo: despejo de esgotos ou restos de comida em excesso na água fazem com que os organismos microscópicos, que também respiram, se reproduzam muito depressa, reduzindo a quantidade do oxigênio dissolvido na água.

3.3 Requisitos microbiológicos

Coliformes totais: constituem-se em um grande grupo de bactérias que são utilizadas como indicadores da qualidade microbiológica da água; originários de solos poluídos e não poluídos e de fezes de seres humanos e outros animais. Este requisito é recomendado como referência da eficiência do tratamento e da integridade do sistema de distribuição. O número de coliformes é expresso pelo "número mais provável" (NMP) e representa a quantidade mais provável de coliformes existentes em 100 ml da água da amostra. Se uma amostra apresentar resultado positivo para coliformes totais, é feita, imediatamente, uma recoleta da amostra para nova avaliação e, continuando o resultado, são tomadas ações corretivas na rede de distribuição do sistema, com análises posteriores para nova avaliação. A Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde permite que os sistemas que coletam mais de 40 amostras por mês apresentem resultados positivos para 5% das amostras coletadas. Para sistemas que coletam menos de 40 amostras por mês, é permitido que apenas uma amostra apresente resultado positivo para coliformes totais.

Escherichia coli ou coliformes fecais: é um grupo de bactérias que indicam a contaminação da água somente por fezes. A quantidade de coliformes fecais na água que bebemos deve ser nula.

Resumo

Na aula 3, você conheceu os requisitos físicos, químicos e microbiológicos da água. Você pode verificar que tais requisitos são indicativos do padrão de aceitação para o consumo humano, pelo qual a água potável deve estar em conformidade. Desta forma, a avaliação desses requisitos constitui-se na maneira mais efetiva de garantir a segurança da qualidade da água.

Atividades de aprendizagem

1) Você conhece a qualidade da água consumida no lugar onde você mora? Para saber, pegue a conta de água da sua casa ou da casa de um amigo e localize, nela, as informações referentes à qualidade da água. Em seguida, faça as atividades a seguir.

a) Anote os dados sobre coliformes totais e Escherichia coli (número de amostras analisadas, número de amostras fora dos padrões e número de amostras dentro dos padrões).

b) Com base nos dados anotados e em seus conhecimentos sobre os significados desses parâmetros, faça uma análise da qualidade da água que você e sua família consomem.

Aula 4 - Tratamentos da água para o consumo humano

Objetivo

Reconhecer os métodos utilizados no tratamento da água para o consumo doméstico.

4.1 Tratamento domiciliar

É o tratamento da água realizado em nossas casas. Neste tratamento, normalmente, a quantidade de água tratada é pequena, pois se destina a ser usada como bebida, no preparo de sucos e de alimentos.

O tratamento domiciliar deve ser tanto mais rigoroso quanto menos confiável seja a água.

4.1.1 Filtração

Você já deve saber que a filtração é o processo domiciliar mais usado para o tratamento da água. Este processo consiste em fazer a água passar por um material que possua poros bem pequenos, que impedem a passagem das substâncias que estão em suspensão na água.

A eficiência da filtração depende do tamanho dos poros do filtro. O filtro mais usado em filtração doméstica é o de porcelana, geralmente, em forma de um cilindro chamado vela. Este filtro pode vir dentro de um recipiente, geralmente de barro, onde é adicionada a água para a filtração, ou dentro de um cilindro metálico, o qual é acoplado a uma torneira que fornece a água para o processo.

A filtração retira as impurezas e a maior parte dos micróbios, deixando a água com bom aspecto e livre da maioria dos organismos causadores de doenças. No entanto, alguns micróbios, especialmente vírus, atravessam os filtros.

A-Z

Suspensão: estado dos fragmentos de um sólido que, misturados à massa de um líquido, não se dissolvem nele.

Micróbios: micro-organismos que não se pode ver a olho nu.

Surtos: aparecimentos repentinos.

Asfixia: interrupção da respiração.

Voláteis: que podem se transformar em gás ou vapor.

Oxidam: que se combinam com o oxigênio.

Coloidal: estado de um corpo que tem a aparência de cola de gelatina.

Figura 9: Da esquerda para a direita: filtro ou vela de porcelana, recipiente de barro para filtro e cilindro metálico para filtro acoplado à torneira.
Fonte: Disponível em: <http://www.casadosfiltros.com.br> Acesso em 16 de abril de 2011.

4.1.2 Fervura

A fervura não elimina a sujeira da água, mas mata os micróbios, evitando que seja transmitida alguma doença. Este processo de tratamento da água é uma prática importante em certas ocasiões, especialmente quando ocorrem surtos de doenças de veiculação hídrica.

Como você aprendeu na aula 3, a água contém oxigênio dissolvido, e é esta característica que permite a sobrevivência de alguns animais aquáticos, como os peixes. No entanto, quando fervemos a água, sai o ar que estava dissolvido nela. Se você colocar um peixinho em um aquário com água fervida, ele morrerá por asfixia. Assim, quando fervermos a água, devemos mexê-la com uma colher ou passá-la sucessivamente de um recipiente para outro. Essas atitudes simples devolverão o ar para a água, tornando-a mais leve e agradável ao paladar.

A fervura deve ser relativamente demorada, de 3 a 5 minutos em ebulição, pois alguns micro-organismos resistem às altas temperaturas, desde que por pouco tempo.

4.2 Tratamento público

O tratamento público é utilizado para grandes quantidades de água, pois a sua finalidade é o abastecimento da população de toda uma localidade. Normalmente, é feito em uma ETA (estação de tratamento de água).

Os processos que, em conjunto, consistem no tratamento de água para abastecimento são os descritos a seguir.

- Aeração: troca de gases entre a água e o ar. O objetivo principal é a remoção de gases dissolvidos, compostos orgânicos voláteis e bactérias que oxidam facilmente.
- Coagulação: transforma, por adição de um agente coagulante, as impurezas que se encontram em suspensões finas, em estado coloidal e, algumas, mesmo em suspensão em partículas que sejam removidas por sedimentação ou filtração.
- Floculação: aglomeração de material coloidal e em suspensão, após a coagulação por agitação lenta.

- Sedimentação ou decantação: é o processo pelo qual se verifica a deposição de materiais em suspensão, pela ação da gravidade.
- Filtração: consiste em fazer a água passar através de substâncias porosas, capazes de reter ou de remover algumas de suas impurezas.
- Desinfecção ou esterilização: consiste na eliminação de micro-organismos patogênicos da água, tornando-a apropriada para o nosso consumo.
- Fluoretação: é a aplicação de flúor na água para prevenir a formação de cáries dentárias, especialmente em crianças.
- Correção de pH ou alcalinização: é a aplicação, na água, de cal hidratada ou de carbonato de sódio. Este procedimento serve para corrigir o pH da água e preservar a rede de encanamentos de distribuição.

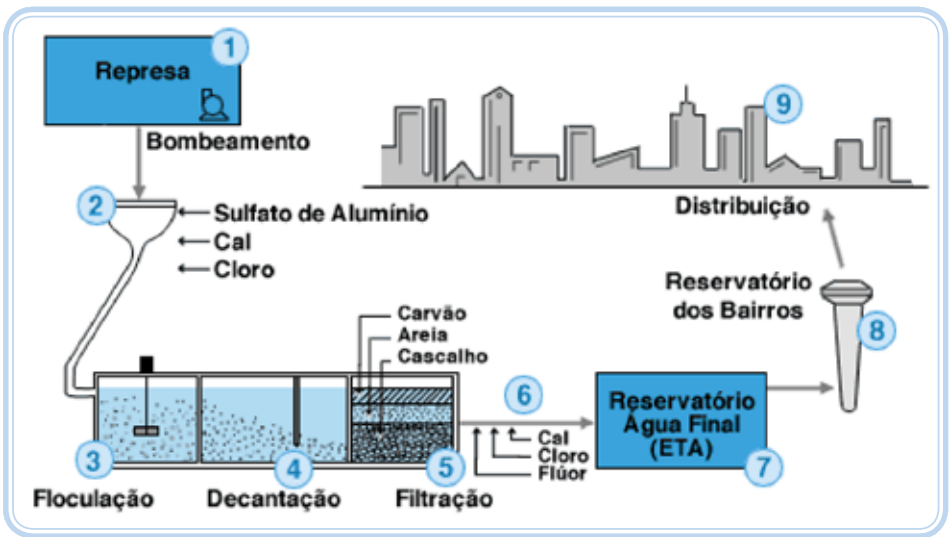

Figura 10: Esquema simplificado de uma estação de tratamento de água.
Fonte: Disponível em: <TTP://proavirtualg49.pbworks.com/f/1161183072/i0trat_agua.gif> Acesso em 16 de abril de 2011.

Mais adiante, neste caderno, estudaremos todos os detalhes (teorias, processos e dimensionamentos) das etapas do tratamento público da água.

A água que é fornecida à sua casa deve ser filtrada para ser consumida como bebida, mesmo se for tratada em estação de tratamento, pois há possibilidade de contaminação nas caixas d'água e em função de possíveis rompimentos de canos. Desta maneira, também é importante que as caixas d'água fiquem tampadas e sejam limpas a cada seis meses.

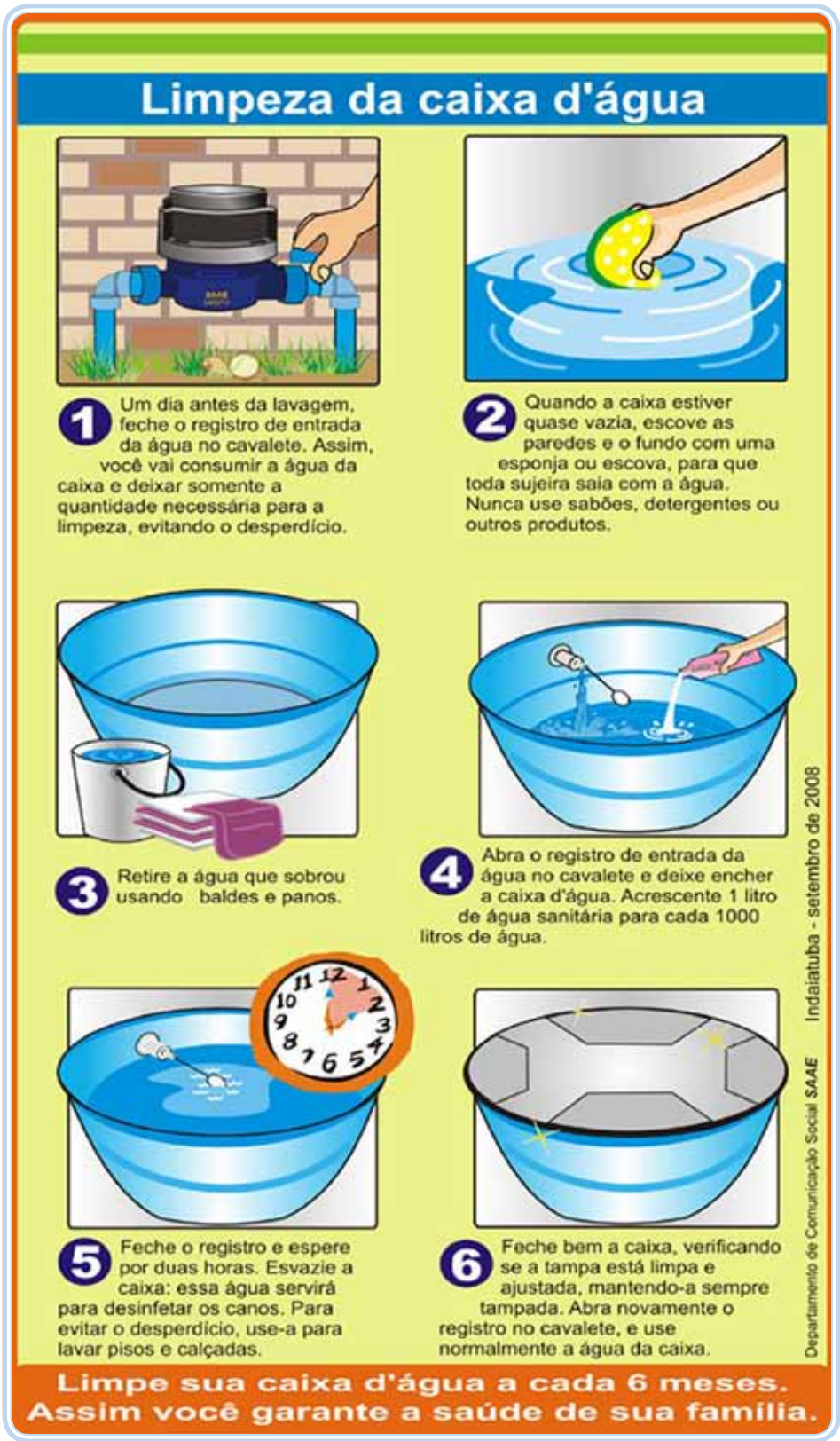
Limpeza da caixa d'água
1 Um dia antes da lavagem, feche o registro de entrada da água no cavalete. Assim, você vai consumir a água da caixa e deixar somente a quantidade necessária para a limpeza, evitando o desperdício.
2 Quando a caixa estiver quase vazia, escove as paredes e o fundo com uma esponja ou escova, para que toda sujeira saia com a água. Nunca use sabões, detergentes ou outros produtos.
3 Retire a água que sobrou usando baldes e panos.
4 Abra o registro de entrada da água no cavalete e deixe encher a caixa d'água. Acrescente 1 litro de água sanitária para cada 1000 litros de água.
5 Feche o registro e espere por duas horas. Esvazie a caixa: essa água servirá para desinfetar os canos. Para evitar o desperdício, use-a para lavar pisos e calçadas.
6 Feche bem a caixa, verificando se a tampa está limpa e ajustada, mantendo-a sempre tampada. Abra novamente o registro no cavalete, e use normalmente a água da caixa.
Departamento de Comunicação Social SAAE Indaiatuba - setembro de 2008
Limpe sua caixa d'água a cada 6 meses.
Assim você garante a saúde de sua família.

Figura 11: Como fazer limpeza de caixa d'água.
Fonte: Disponível em: <http://www.saae.sp.gov.br/Caixa_d_%C3%A1gua.jpg> Acesso em 16 de abril de 2011.

Resumo

Nesta aula, você compreendeu que os processos de tratamento da água são maneiras de manter a qualidade de vida, evitando doenças que poderiam ser adquiridas pela ingestão de água contaminada por micro-organismos causadores de doenças. A aula aprofundou a sua análise sobre as formas de tratamento da água domiciliar, destacando os processos de filtração e fervura. Você aprendeu ainda que o tratamento público da água envolve processos mais amplos, efetuados em uma ETA.

Atividades de aprendizagem

1) Sobre o tratamento domiciliar da água, responda as questões a seguir.

a) Por que ele é necessário mesmo quando a água sai de uma estação de tratamento?

b) Qual é a importância da filtração?

c) Qual é a importância da fervura?

Aula 5 - Instalações típicas para tratamento das águas de abastecimento

Objetivo

Conhecer as instalações convencionais utilizadas para produzir água potável.

5.1 Captação de água bruta do manancial

É o conjunto de equipamentos e instalações utilizado para a retirada de água do manancial ou água bruta, com a finalidade de conduzi-la ao sistema de abastecimento.

A captação pode ser superficial ou subterrânea.

A superficial é feita nos rios, lagos ou represas, por gravidade ou bombeamento. Se for feita por bombeamento, é necessária a construção de uma casa de máquinas contendo conjuntos de motor bomba junto à captação.

A captação subterrânea é efetuada através de poços artesianos, perfurações com 50 a 100 metros, feitas no terreno, para captar a água dos lençóis subterrâneos. Essa água também é sugada por motores bombas, instalados perto do manancial, e enviada à superfície por tubulações.

É imprescindível que você saiba que a seleção da fonte abastecedora de água é muito importante na construção de um sistema de abastecimento. Deve-se procurar um manancial com vazão capaz de proporcionar o abastecimento de toda a comunidade. Além disto, lembre-se que qualquer tipo de captação de águas para abastecimento não deve ser localizada a jusante de um lançamento de esgotos.

Figura 12: Captação superficial de água no rio Paraguai.
Fonte: Disponível em: <http://www.riosvivos.org.br/arquivos/27734255.jpg> Acesso em 25 de abril de 2011.

A-Z

Vazão: escoamento.

Jusante: direção para a qual correm as águas de um rio.

Hidráulico: que se refere à água.

Microbiológica: relativo à ciência dos micro-organismos.

Aduzida: trazida, exposta.

5.2 Estação elevatória e adutora de água bruta

São instalações que levam a água até a ETA; são compostas por conjuntos de motor bomba, tubulações de ferro fundido, PVC, aço ou concreto armado e peças acessórias, como registros e válvulas.

Figura 13: À esquerda, estação elevatória de água. À direita, adutora com entrada de água bruta para tratamento.
Fonte: Disponível em: <http://www.boavista.rr.gov.br/produtos/produto7/07_DiagInt_SaneamAmbiental3.PDF> Acesso em 18 de abril de 2011.

5.3 Estação de tratamento de água (ETA)

Corresponde a um bloco hidráulico ou aglomerado de processos, de ordem química e microbiológica, pelo qual a água bruta passa para obter requisitos de qualidade.

Uma estação convencional, além da estrutura de captação de água bruta, compreende em unidades de tratamento contendo os processos que você estudou na aula 4, item 2, sobre o tratamento público da água.

- **Mistura rápida (aeração/coagulação) e floculação**

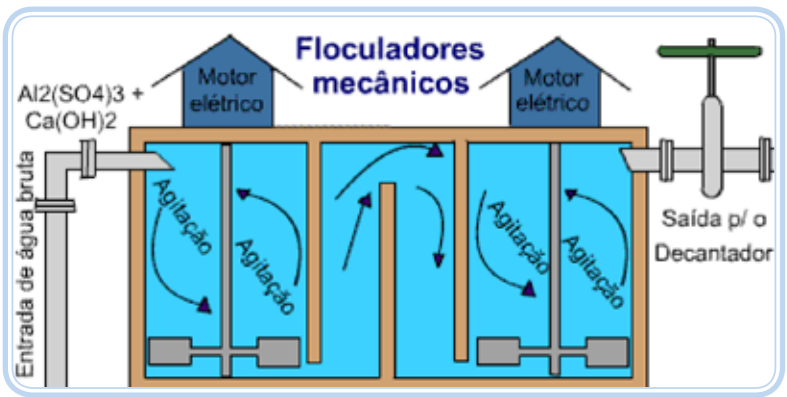

Figura 14: Esquema da unidade na qual ocorrem a mistura rápida e a floculação.
Fonte: Disponível em: <http://www.o2engenharia.com.br/abastecimento3.html> Acesso em 18 de abril de 2011.

Figura 15: Tanque de floculação com formação dos flocos.
Fonte: Disponível em: <http://farm3.static.flickr.com/2262/2021583351_c7adb0b89b.jpg> Acesso em 25 de abril de 2011.

- **Decantação**

Figura 16: Tanques de decantação.
Fonte: Disponível em: <http://www.collett.com.br/upload/imagens/guandu_2.jpg> Acesso em 25 de abril de 2011.

- **Filtração**

Figura 17: Tanque de filtração.
Fonte: Disponível em: <http://www.boavista.rr.gov.br/produtos/produto7/07_DiagInt_SaneamAmbiental3.PDF> Acesso em 18 de abril de 2011.

- **Desinfecção, fluoretação e alcalinização**

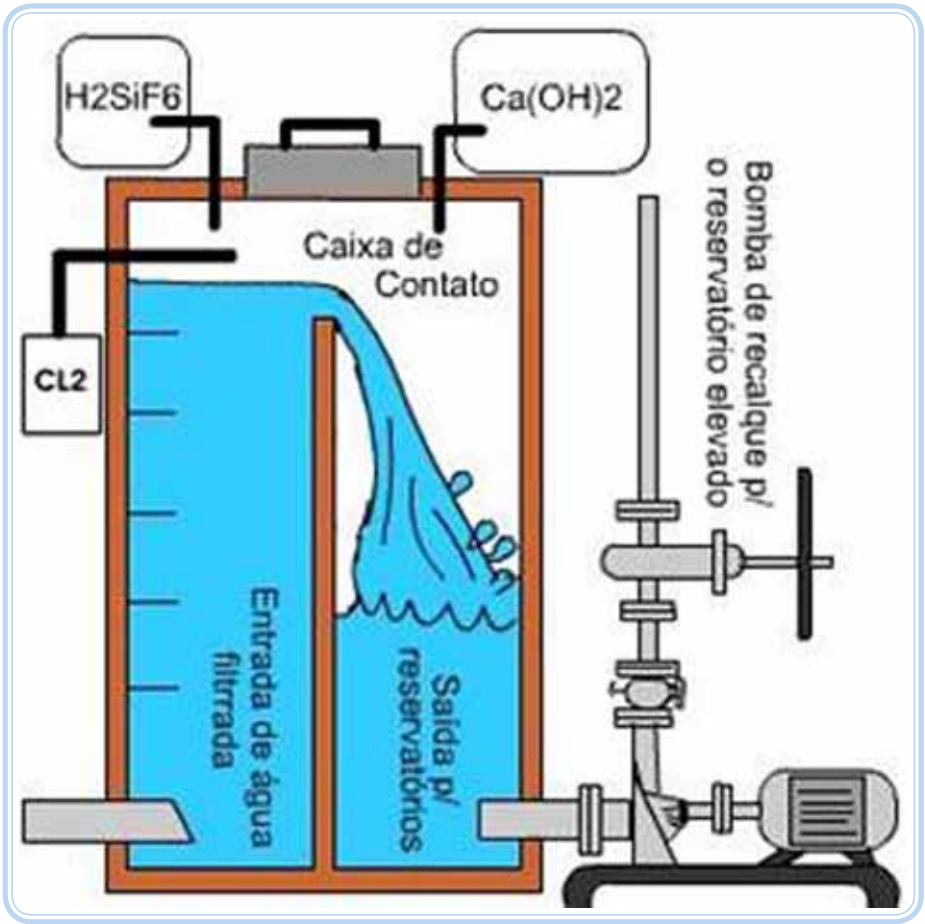

Figura 18: Esquema da unidade onde ocorrem os processos de desinfecção, fluoretação e alcalinização.
Fonte: Disponível em: <http://www.o2engenharia.com.br/abastecimento3.html> Acesso em 18 de abril de 2011.

Figura 19: Tanques de desinfecção, fluoretação e alcalinização.
Fonte: Disponível em: <http://www.prominent.com.br/Portaldata/1/Resources/applications/potable_water/a_trinkwasser_desinfektion.jpg > Acesso em 25 de abril de 2011.

A ETA também deve conter as divisões estruturais descritas a seguir.

Casa de bombas: trata-se de um abrigo para o conjunto de bombas que transportam a água tratada para os reservatórios de distribuição local.

Oficina: local no qual são realizados possíveis consertos dos equipamentos e das máquinas utilizados na ETA.

Casa de produtos químicos: corresponde a um local destinado ao depósito dos produtos químicos utilizados nas unidades de tratamento da ETA.

Casa química: é um local no qual se encontram os laboratórios e a sala de controle das unidades da ETA.

Figura 20: Laboratório de ETA.
Fonte: Disponível em: <http://www.saeituiutaba.com.br/images/laboratorio_eta.jpg> Acesso em 25 de abril de 2011.

Além dessas divisões estruturais, uma ETA deve apresentar um local para agregar vestiários, refeitório e setor administrativo.

5.4 Reservatórios de compensação

São reservatórios de água tratada localizados na saída da ETA; servem para a compensação entre a vazão produzida e a vazão aduzida.

Figura 21: Reservatórios de compensação.
Fonte: Disponível em: < http://www.saaec.com.br/blog/wp-content/uploads/dois_reservat2.jpg> Acesso em 25 de abril de 2011.

5.5 Estação elevatória e adutora de água tratada

É o conjunto de equipamentos e instalações utilizado para retirar água da ETA e conduzi-la ao sistema de reservatórios.

Figura 22: Estação elevatória e adutora de água tratada.
Fonte: Disponível em: <http://www.sanasa.com.br/imagens/noticias/569_2.jpg> Acesso em 25 de abril de 2011.

5.6 Reservatórios de distribuição da cidade

São reservatórios de água tratada localizados nos bairros; servem para o abastecimento da população.

Figura 23: Reservatório de distribuição.
Fonte: Disponível em: <http://www.solostocks.com.br/img/caixa-d-agua-tipo-taca-551945z0.jpg> Acesso em 25 de abril de 2011.

5.7 Rede de distribuição

É a parte do sistema de abastecimento formada de tubulações e equipamentos acessórios destinados a fornecer água potável aos consumidores de forma contínua, em quantidade, qualidade e pressões adequadas.

Para que uma rede de distribuição possa funcionar perfeitamente, é necessário haver pressão satisfatória em todos os seus pontos. Onde existe menor pressão, instalam-se bombas, chamadas boosters, cujo objetivo é bombear a água para locais mais altos.

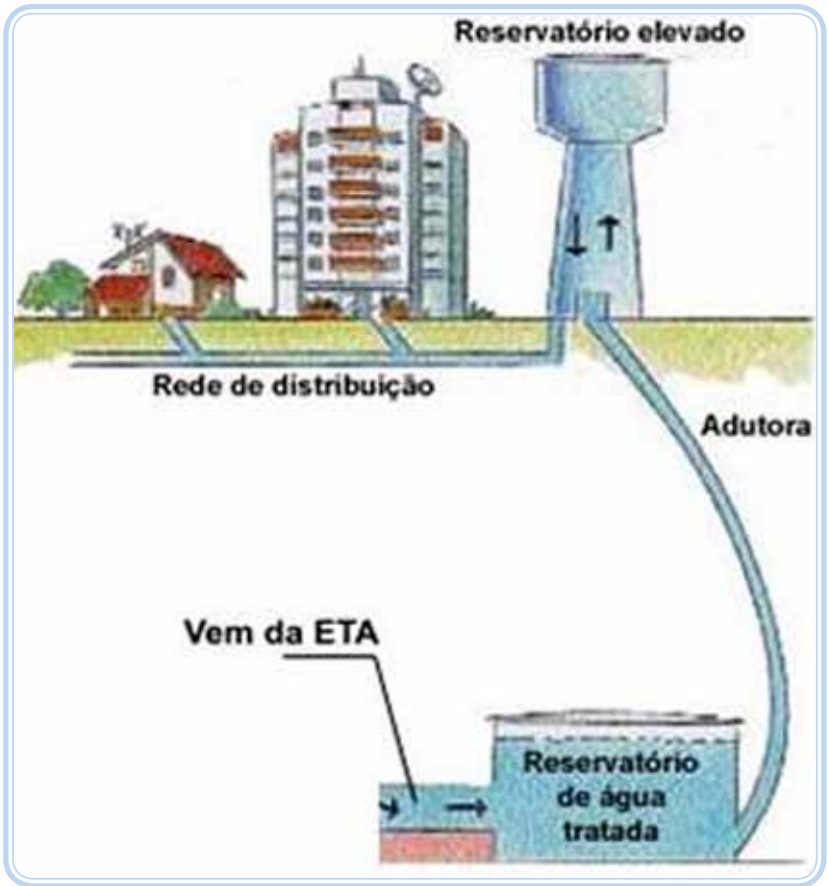

Figura 24: Rede de distribuição de água tratada.
Fonte: Disponível em: <http://o2engenharia.com.br/abastecimento1_clip_image012.jpg> Acesso em 26 de abril de 2011.

É muito importante que você saiba que a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), órgão responsável pela normalização técnica no país, é que fornece a base necessária ao desenvolvimento tecnológico brasileiro. Esta Associação fixa as condições exigíveis na elaboração do projeto de estação de tratamento de água, destinada à produção de água potável para o abastecimento público, através da NBR (Norma Brasileira) 12216 (1992).

Resumo

Você aprendeu que, para que a água seja tratada e chegue ao consumidor, são necessárias instalações típicas dos processos de tratamento. Assim, você verificou, nesta aula, como ocorre a captação da água bruta do manancial e como esta água é levada até a ETA, através de uma estação elevatória e adutora. Na ETA, ficou claro que todos os processos ocorrem em estruturas físicas adequadas. Da mesma forma, a água que sai da ETA passa por compartimentos e encanações apropriados até que chegue ao seu destino: o consumidor.

Aula 6 - Hidráulica - conceitos gerais

Objetivos

Conceituar hidráulica e suas subdivisões.
Definir as propriedades físicas dos líquidos, enfatizando a água.
Estabelecer os princípios básicos e os fundamentos que regem a hidráulica.

6.1 Conceito de hidráulica

A palavra hidráulica vem dos termos gregos hydor (água) e aulos (condução), ou seja, a hidráulica é a ciência que estuda o comportamento dos líquidos, incluindo a água, em estado de repouso (hidrostática) e movimento (hidrodinâmica).

A hidráulica pode ser dividida em teórica e prática. A hidráulica teórica também é conhecida, na física, como mecânica dos fluidos, e a hidráulica prática ou hidráulica aplicada é também intitulada de hidrotécnica. Dentre as aplicações da hidráulica prática, estão as máquinas hidráulicas (bombas e turbinas), as obras de saneamento fluviais ou marítimas (como as de usinas hidrelétricas), os portos, as vias navegáveis, os submarinos, as estações de tratamento de água e de esgotos etc.

A-Z

Grandeza adimensional ou número adimensional: é um número desprovido de qualquer unidade física que o defina.

Escoa: que faz ou deixa correr ou escorrer lentamente um líquido.

Interface: limite comum a dois corpos.

Nivelando: tornando uma superfície plana, horizontal.

Tensão de cisalhamento: tensão gerada por forças aplicadas em sentidos opostos, porém, em direções semelhantes no material analisado.

6.2 Propriedades físicas dos líquidos

Massa específica

É definida como a massa de um material homogêneo por unidade de volume. Matematicamente, podemos calcular a massa específica através da relação entre a massa do fluido e o volume por ele ocupado. Assim, de acordo com Ferraz (2011), sendo m a massa de um fluido e V o seu volume, por definição, a massa específica, r, será:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Peso específico

O peso específico de um material homogêneo é definido como o seu peso por unidade de volume. Para Ferraz (2011), a relação estabelecida, em que P é o peso de fluido contido no volume V, é a seguinte:

$$\gamma = \frac{P}{V}$$

Densidade

É a relação entre a massa específica de um material e a massa específica de uma substância tomada por base. No caso dos líquidos, esta substância é a água pura a 4o C. Conclui-se, desta definição, que a densidade é um número puro ou uma grandeza adimensional. Assim, podemos calcular a densidade de um fluido através da relação entre a sua massa específica, r, e a massa específica da água pura a 4o C, ro, dada por Souza (2010):

$$d = \frac{\rho}{\rho_o}$$

Viscosidade

Quando um líquido escoa, verifica-se um movimento relativo entre as suas partículas, resultando em um atrito entre as mesmas. Este atrito interno ou viscosidade é a propriedade dos líquidos responsável pela resistência à deformação.

Compressibilidade e elasticidade

É a propriedade que os corpos têm de reduzir seus volumes sob a ação de pressões externas. Inversamente, elasticidade é a propriedade que têm os líquidos de aumentar o seu volume quando a pressão é diminuída.

Adesão

Observamos esta propriedade quando um líquido está em contato com um sólido, por exemplo, um tubo de vidro. A atração exercida pelas partículas do vidro pode ser maior do que a atração existente entre as partículas do próprio líquido.

Coesão

É a propriedade das partículas do líquido de resistir a pequenos esforços de tensão. A formação de uma gota d´água deve-se à coesão.

Tensão superficial

É a tensão existente na **interface** entre os fluídos. Pequenos insetos podem caminhar sobre as águas devido ao seu peso não ser suficiente para penetrar a tensão da superfície.

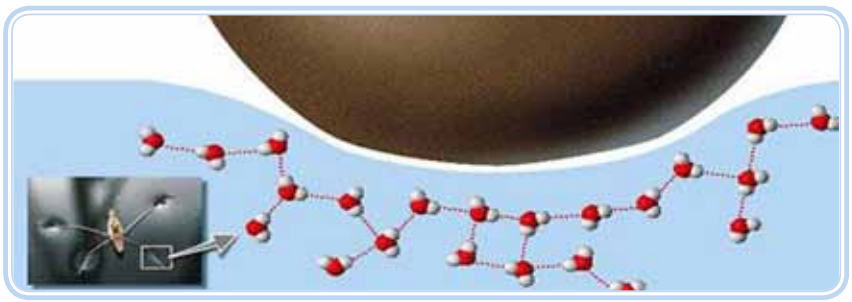

Figura 25: Representação da tensão superficial.
Fonte: Disponível em: <http://curiofisica.com.br/wp-content/uploads/2009/06/tensao_superficial_inseto.jpg> Acesso em 29 de abril de 2011.

Capilaridade

No caso da água, ocorre quando a coesão entre as moléculas do líquido é superada pelas forças de adesão da capilar, gerando uma elevação do líquido pelo tubo capilar.

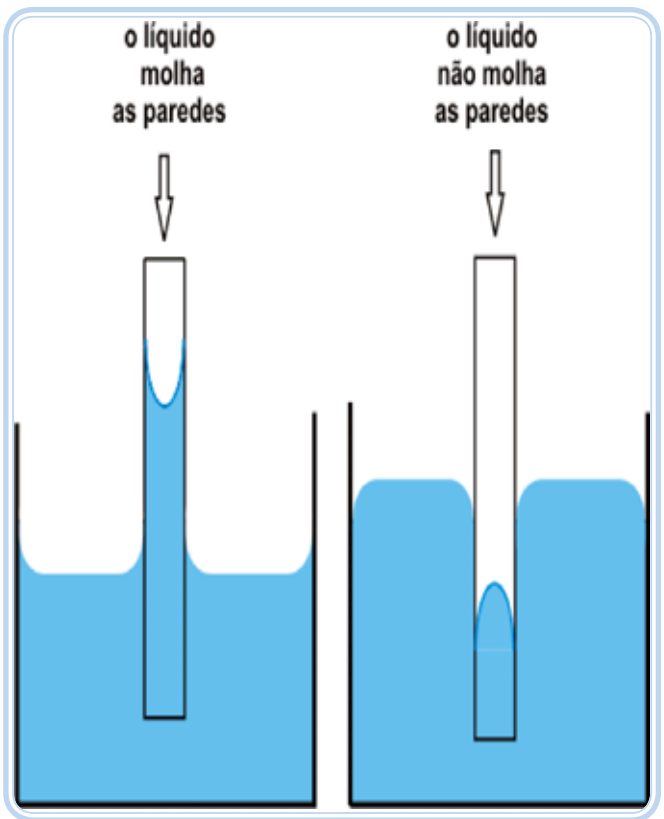

Figura 26: Representação da capilaridade.
Fonte: Disponível em: <http://alfaconnection.net/images/FQM010302a.gif> Acesso em 29 abr. 2011.

6.3 Hidrostática

Pressão

É muito comum confundir pressão com força. A pressão, no entanto, leva em conta não só a força, como também a área em que ela atua. Pressão é a força dividida pela área (SOUZA, 2010):

$$\text{PRESSÃO} = \frac{\text{FORÇA}}{\text{ÁREA}}$$

Como exemplos, veja as duas possibilidades a seguir.

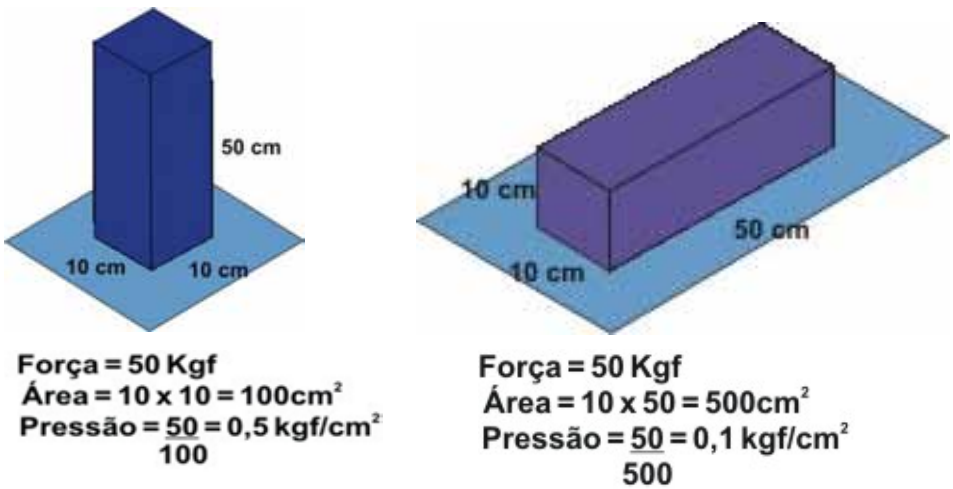
50 cm
10 cm
10 cm
10 cm
50 cm
10 cm
Força = 50 Kgf
Área = 10 x 10 = 100cm²
Pressão = 50 / 100 = 0,5 kgf/cm²
Força = 50 Kgf
Área = 10 x 50 = 500cm²
Pressão = 50 / 500 = 0,1 kgf/cm²

Figura 27: Exemplos de cálculos de pressão.
Fonte: Disponível em: <http://www.alosolar.com.br/revendedor/inf_hidra.htm> Acesso em 29 de abril de 2011.

Pressão da água

Em grandes profundidades, os corpos submersos podem ser esmagados pela forte pressão da água. Portanto, as barragens das represas e os reservatórios dos sistemas de abastecimento público precisam ter a sua parte inferior reforçada, pois, neste nível, a pressão da coluna de água pode causar danos a tais estruturas.

Diante dos exemplos anteriores, percebam que, quanto maior a profundidade, maior a pressão. Transferindo esta informação para a pressão da água, você pode pensar: por que as pessoas que mergulham no mar, os peixes e os submarinos não são esmagados pela pressão da coluna de água acima deles? Isto não acontece, pois a pressão da água vem de todas as direções: de cima para baixo, de baixo para cima, das diagonais, da direita para a esquerda, da esquerda para a direita. Logo, até certa profundidade, a pressão da água pode ser equilibrada pela pressão exercida de dentro para fora nos corpos nela imersos.

Lei de Pascal

O Princípio de Pascal, ou Lei de Pascal, elaborado pelo físico e matemático francês Blaise Pascal, mostra-nos que a alteração de pressão produzida num líquido em equilíbrio transmite-se integralmente a todos os pontos do líquido e às paredes do recipiente.

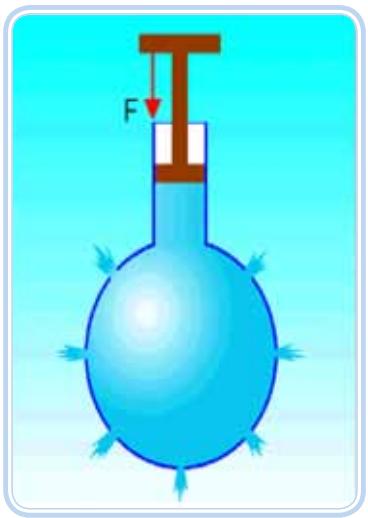

Figura 28: Demonstração da Lei de Pascal. A pressão (F) produzida no líquido transmite-se igualmente a todos os pontos do recipiente.
Fonte: Disponível em: <http://subis.altervista.org/images/pascal.gif> Acesso em 28 abr. 2011.

Vasos comunicantes

Talvez você já tenha visto os pedreiros nivelando uma parede. Eles costumam usar uma mangueira com água para isto.

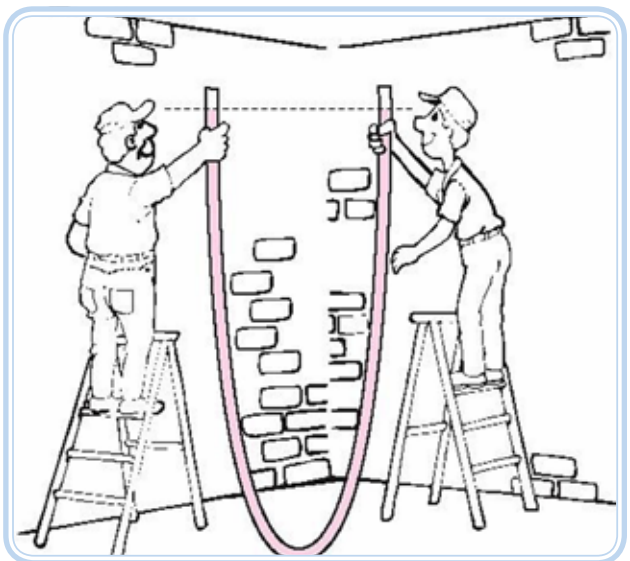

Figura 29: Pedreiros nivelando uma parede.
Fonte: Disponível em: <http://www.automacaoindustrial.com/instrumentacao/pressao/img/int_prensa_hidraulica.jpg> Acesso em 28 de abril de 2011.

Esta técnica baseia-se no princípio do sistema de vasos comunicantes nos quais um líquido apresenta sempre o mesmo nível em todos os ramos, independentemente da forma e do diâmetro deles. Assim, tal princípio fundamenta-se na Lei de Pascal.

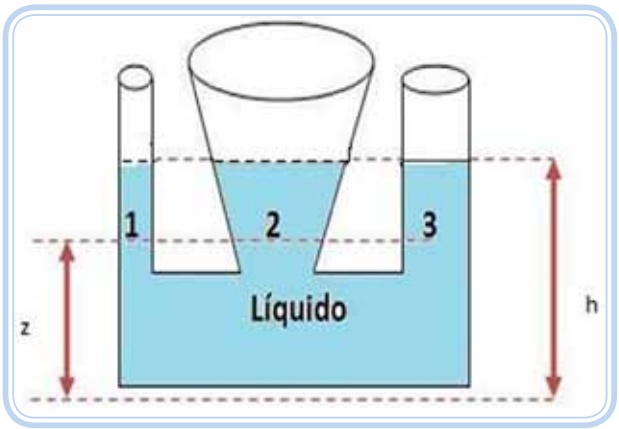

Figura 30: Sistema de vasos comunicantes: a altura (h) do líquido é a mesma.
Fonte: Disponível em: <http://www.iped.com.br/sie/uploads/19028.jpg> Acesso em 28 abr. 2011.

Os diversos canos que ligam o reservatório de uma cidade ou de um bairro às casas e outros estabelecimentos (escolas, hospitais, escritórios) são vasos comunicantes. Por isto, o reservatório de uma cidade sempre está no ponto mais alto da região que ele abastece, funcionando como o recipiente mais alto do conjunto. Pelo mesmo motivo, as caixas d'água das nossas casas, que recebem a água do reservatório da cidade, estão no lugar mais alto da construção.

Figura 31: Do reservatório, a água chega até os domicílios devido ao princípio dos vasos comunicantes.
Fonte: Disponível em: <http://www.saeituiutaba.com.br/images/fluxo2.gif> Acesso em 28 abr. 2011.

6.4 Hidrodinâmica

Fundamentos do escoamento dos fluidos

As leis teóricas da hidrodinâmica são formuladas admitindo-se que os fluidos sejam ideais, isto é, que não possuam viscosidade, coesão, elasticidade etc., de modo que não haja tensão de cisalhamento em qualquer ponto da massa fluida. Durante a movimentação, as partículas fluidas deslocam-se de um ponto a outro continuamente, sem que a massa do fluido sofra desintegração, permanecendo sempre contínua, sem vazios ou solução de continuidade.

Vazão

Vazão (Q) é a quantidade de líquido (V) que passa através de uma seção por unidade de tempo (T). A fórmula para o cálculo da vazão, segundo Ferraz (2011), é a seguinte:

$$Q = \frac{V}{T}$$

A quantidade de líquido pode ser medida em unidades de massa, de peso ou de volume, sendo estas últimas as mais utilizadas. Por isto, as unidades mais usuais indicam volume por unidade de tempo:

m^3/h (metros cúbicos por hora)
l/h (litros por hora)
l/min (litros por minuto)
l/s (litros por segundo)

Resumo

Na aula 6, você estudou a hidráulica, que é o ramo da ciência que trata das condições físicas da água e de outros fluidos em situações de repouso e movimento. Foi possível caracterizar os fluidos, em especial a água, pelas suas propriedades de massa específica, peso específico, densidade, viscosidade, compressibilidade, elasticidade, adesão, coesão, tensão superficial e capilaridade. Do mesmo modo, você entendeu fundamentos como: pressão da água, Lei de Pascal, vasos comunicantes, escoamento dos fluidos e vazão, que são básicos para a compreensão de situações práticas relacionadas ao uso da água.

Atividades de aprendizagem

1) A caixa d'água e os encanamentos de uma casa são considerados um sistema de vasos comunicantes. Explique.

Aula 7 - Coagulação e mistura rápida

Objetivos

Entender a coagulação e seus processos.
Definir mistura rápida.
Conhecer os parâmetros essenciais para o projeto de uma unidade de mistura rápida.
Compreender vazão e o seu cálculo.

7.1 Definições de coagulação e mistura rápida

Como você já observou neste caderno, as águas para o abastecimento público devem apresentar características de potabilidade, sendo necessário, para isto, passarem por um processo de sedimentação, que ocorre logo após a coagulação química, seguida de filtração rápida e desinfecção.

A coagulação é o processo de transformar partículas pequenas, em suspensão na água, em partículas maiores, que são separadas da água através de sua decantação.

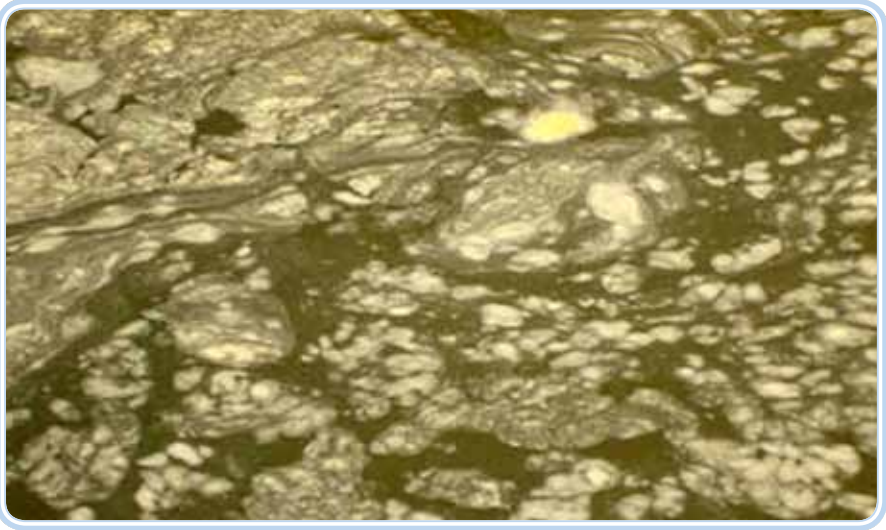

Figura 32: Coagulação de partículas na água após a adição de produto químico.
Fonte: Disponível em: <http://daescs.sp.gov.br/imagens/geral/flocusguarau.jpg> Acesso em 30 de abril de 2011.

Tal processo é executado por uma unidade de mistura, denominada de mistura rápida, na qual é adicionado o coagulante (produto químico responsável pela aglutinação das matérias que desejamos remover da água), que é espalhado de forma contínua e homogênea.

Caso não ocorra uma boa mistura, uma parte da água não é alcançada pelos coagulantes, fazendo com que passe para os decantadores com partículas em suspensão, reduzindo a eficácia da próxima etapa, que é a floculação, a qual trataremos na aula 9.

A mistura nesta etapa de tratamento é chamada de rápida porque deve ser efetuada em um curto espaço de tempo. Desta forma, necessita-se de um ponto de aplicação com agitação suficiente para assegurar a mistura completa do coagulante com a água, num tempo pequeno.

Os coagulantes mais empregados são: sulfato de alumínio, cloreto férrico, hidroxicloreto de alumínio e sulfato férrico. No Brasil, o sulfato de alumínio é o mais utilizado, por ser o de menor custo.

7.2 Parâmetros para o projeto de unidade de mistura rápida

O projeto de unidade de mistura rápida é adequado, basicamente, em função de dois parâmetros: o gradiente de velocidade e o tempo de mistura rápida.

7.2.1 Gradiente de velocidade

O gradiente de velocidade é a diferença entre as velocidades de duas partículas na água. Em outras palavras, segundo Freitas (2001), o gradiente de velocidade representa, em termos físicos, o número de oportunidades de colisões em um determinado tempo, que duas partículas experimentam em função de uma energia externa fornecida ao sistema no qual se encontram as partículas. Tal energia externa pode decorrer da introdução de um dispositivo mecânico na água. Assim, o valor do gradiente de velocidade (COAGULAÇÃO..., 2011) é dado por:

$$G = \sqrt{\frac{2\pi \cdot N \cdot t}{60 \cdot V \cdot \mu}}$$

Onde:
G é o gradiente de velocidade;
N é a velocidade do rotor em RPM (rotações por minuto);
T é o torque;
V é o volume do reator;
μ é a viscosidade absoluta do líquido.

A-Z

Rotor: parte giratória de certas máquinas e motores.

Torque: quantidade de torção exercida por uma força sobre um objeto.

Reator: motor que utiliza a reação do oxigênio com um combustível para produzir movimentação.

Viscosidade absoluta do líquido: resistência de um líquido ao escoamento.

Para a mistura rápida, a ABNT, através da NB-592 (NBR 12216/1992), recomenda G de 700 S^{-1} a 1100 S^{-1}.

7.2.2 Tempo de mistura rápida

Segundo a NBR 12216/1992 (NB-592) da ABNT, o tempo de mistura rápida recomendado é de poucos segundos, em misturadores hidráulicos, e, usualmente, de 0,5 a 3 minutos, em misturadores mecânicos. Tal norma estabelece ainda que as condições ideais do gradiente de velocidade, do tempo de mistura e da concentração de coagulantes devem ser preferencialmente determinadas através de testes de laboratório.

7.3 Medição de vazão

Vazão é a quantidade de água, em litros (L) ou metros cúbicos (m^3), que passa por um espaço, numa unidade de tempo (IGNÁCIO, 2011). Isto significa que a vazão representa a rapidez com a qual um volume escoa, ou seja, um dado essencial para aperfeiçoar o processo de mistura rápida. Por exemplo: quando dizemos que a vazão de um rio é de 40m^3/hora, queremos dizer que, por um ponto determinado desse rio, passam 40 metros cúbicos de água em uma hora. A vazão das bombas geralmente é dada em m^3/hora, assim, em uma bomba que tem a sua capacidade indicada como 60 m^3/hora, diz-se que esta bomba é capaz de elevar até 60 m^3 de água em uma hora.

Numa estação de tratamento, o fluxo de água que chega é considerado em litros por segundo. Por exemplo: se a vazão de água que chega à ETA é de 80 l/segundo, significa que, em cada segundo, chegam 80 litros de água.

A medição da vazão é a medida necessária para que a água encha um volume conhecido. Este volume pode ser, por exemplo, o do tanque de coagulação. Na prática, precisamos conhecer o comprimento, a largura e a altura do tanque. Em seguida, basta contarmos o tempo gasto para que a água atinja essa altura. Assim, teremos um volume V (m^3) de água que jorrou no tempo t (seg.). Veja a fórmula para este cálculo, de acordo com Novakoski (2005):

$$Q = \frac{V\ (m^3) \times 1.000}{t\ (seg.)} = l/seg.$$

Onde:
Q = vazão em litros por segundo;
V = (m^3) = volume = comprimento x largura x altura;
t (seg.) = tempo em segundos.

Logo, se tivermos um tanque que mede 20m de comprimento, 15m de largura e 0,10m de altura, e gastarmos 500 segundos para enchermos esses 0,10m, podemos calcular a vazão da água usando a fórmula anterior, apenas substituindo os valores.

Portanto:
Q = 20 x 15 x 0,10 x 1.000/ 500
Efetuando a divisão, temos:
Q = 60,0 l/seg

Para calcularmos vazões em reservatórios circulares, usamos a seguinte fórmula (NOVAKOSKI, 2005):

$$Q = \frac{3,14 \times D \times D \times 1.000 \times h}{4 \times t\ (seg)}$$

Onde:
h = altura;
D = diâmetro do reservatório;
t = tempo em segundos.

Resumo

Nesta aula, conhecemos os detalhes do processo de coagulação e mistura rápida. Vimos que o sucesso da coagulação depende da rapidez e da homogeneidade da mistura do coagulante à água. Neste contexto, vimos que, para se projetar uma unidade de mistura rápida, é necessário conhecer dois parâmetros: o gradiente de velocidade e o tempo de mistura. Você aprendeu também a calcular a vazão da água dentro de um volume conhecido, o que é importante para que possamos determinar a rapidez com que a água escoa e, consequentemente, melhorar a coagulação.

Atividades de aprendizagem

1) Qual é a vazão da água em um tanque que se enche em 800 segundos e apresenta as seguintes medidas: 30m de comprimento, 25m de largura e 0,20m de altura?

Aula 8 - Misturadores empregados na mistura rápida

Objetivo

Conhecer os tipos de dispositivos utilizados para a mistura rápida.

8.1 Misturadores hidráulicos

Qualquer aparelho apto a gerar intensa agitação na água, mecânico ou não, pode ser utilizado para a mistura rápida, como bombas, misturadores hidráulicos, agitadores mecânicos e **vertedores**. No entanto, os misturadores hidráulicos são os mais utilizados, como o medidor Parshall, a queda d'água e a malha difusora.

8.1.1 Medidor ou calha Parshall

É o dispositivo mais utilizado como misturador rápido, pois reúne as funções de medidor de vazão e de misturador rápido, quando utilizado corretamente.

É possível conhecer a vazão que atravessa o medidor Parshall através da realização da leitura da altura da lâmina d'água em um setor próximo à sua garganta. O local exato em que a altura deve ser lida é denominado seção de medição. Neste local, basta comparar a altura lida (h) com uma tabela para que se possa conhecer a vazão.

Figura 33: Medidor Parshall.
Fonte: Disponível em: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d1/%C3%81gua_bruta_e_medi%C3%A7%C3%A3o_em_Calha_Parshall.jpg> Acesso em 27 de maio de 2011.

A-Z

Vertedores ou vertedouros: que despejam água.

Ressalto: saliência, proeminência de coisa que se destaca da superfície de que faz parte; relevo.

Anteparo: objeto que se põe diante de alguém ou de alguma coisa.

Ralph Leroy Parshall (1881-1960). Engenheiro americano, professor da Colorado State University, que inventou, entre 1922 e 1925, um revolucionário medidor de vazões no campo da irrigação, o qual passou a ser denominado de calha Parshall. Este medidor, hoje, é largamente empregado em todo o mundo, além de medidor de descargas industriais e de vazões de água de irrigação, também como medidor de vazões e efetivo misturador de soluções químicas nas estações de tratamento de água. Fonte: MEDEIROS FILHO, C. F. Abastecimento de água. Campina Grande: UFCG. Disponível em: <www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf> Acesso em 21 de maio de 2011.

TABELA 1: Vazões de diversos medidores Parshall, em função das alturas obtidas nas seções de medição.

Tabela 5.2
Medidores Parshall – Vazões [l/s]

H (cm)	W 3"	6"	9"	1'	1,5'	2'	3'	4'
3	0,8	1,4	2,5	3,1	4,2	-	-	-
4	1,2	2,3	4,0	4,6	6,9	-	-	-
5	1,5	3,2	5,5	7,0	10,0	13,8	20,0	-
6	2,3	4,5	7,3	9,9	14,4	18,7	27,0	35,0
7	2,9	5,7	9,1	12,5	17,8	23,2	34,0	45.
8	3,5	7,1	11,1	14,5	21,6	28,0	42,0	55,0
9	4,3	8,5	13,5	17,7	26,0	34,2	50,0	66,0
10	5,0	10,3	15,8	20,9	30,8	40,6	60,0	78,0
11	5,8	11,6	18,1	23,8	35,4	46,5	69,0	90,0
12	6,7	13,4	24,0	27,4	40,5	53,5	79,0	105,0
13	7,5	15,2	23,8	31,0	45,6	60,3	93,0	119,0
14	8,5	17,3	26,6	34,8	51,5	68,0	101,0	133,0
15	9,4	19,1	29,2	38,4	57,0	75,5	112,0	149,0
16	10,8	21,1	32,4	42,5	63,0	83,5	124,0	165,0
17	11,4	23,2	35,6	46,8	69,0	92,0	137,0	182,0
18	12,4	25,2	38,8	51,0	75,4	100,0	148,0	198,0
19	13,5	27,7	42,3	55,2	82,2	109,0	163,0	216,0
20	14,6	30,0	45,7	59,8	89,0	118,0	177,0	235,0
25	20,6	42,5	64,2	83,8	125,0	167,0	248,0	331,0
30	27,4	57,0	85,0	111,0	166,0	221,0	334,0	446,0
35	34,4	72,2	106,8	139,0	209,0	280,0	422,0	562,0
40	42,5	89,5	131,0	170,0	257,0	345,0	525,0	700,0
45	51,0	107,0	157,0	203,0	306,0	410,0	629,0	840,0
50	-	-	185,0	240,0	362,0	486,0	736,0	990,0
55	-	-	214,0	277,0	418,8	563,0	852,0	1144
60	-	-	243,0	414,0	478,3	642,0	971,0	1308
65	-	-	-	356,0	543,4	730,0	1110	1490
70	-	-	-	402,0	611,3	825,0	1255	1684

Fonte: Disponível em: <www.saneago.com.br/.../Manual_Operacao_de_Estacao_de_Tratamento_de_Agua.pdf - > Acesso em 27 de maio de 2011.

Para que o medidor Parshall execute com eficiência a mistura rápida, é necessário:

- colocar o coagulante na garganta do medidor, pois, nesta região, a lâmina d'água é bastante pequena, o que torna possível fazer com que o coagulante aplicado se espalhe em praticamente todo o volume de água em processo de tratamento;
- garantir a formação de um ressalto hidráulico logo após a garganta, pois, no interior do mesmo, ocorre grande dissipação de energia num tempo muito curto.

Quando esse medidor é usado para medir a vazão de água bruta, o ressalto hidráulico que nele se forma pode ser utilizado para promover a mistura rápida. Para isto, é necessário que haja queda livre de 15 cm, no mínimo.

Figura 34: Mistura rápida no medidor Parshall.
Fonte: Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/parshal0.jpg> Acesso em 26 de maio de 2011.

8.1.2 Queda d'água

Em ETAs que utilizam vertedouros para medir a vazão, é possível aproveitar a queda d'água resultante para realizar a mistura rápida. Para isto é necessário:

- espalhar, de forma homogênea, o coagulante, ao alcance de toda queda d'água, utilizando-se uma calha perfurada;
- permitir que o fluxo d'água caia sobre um anteparo.

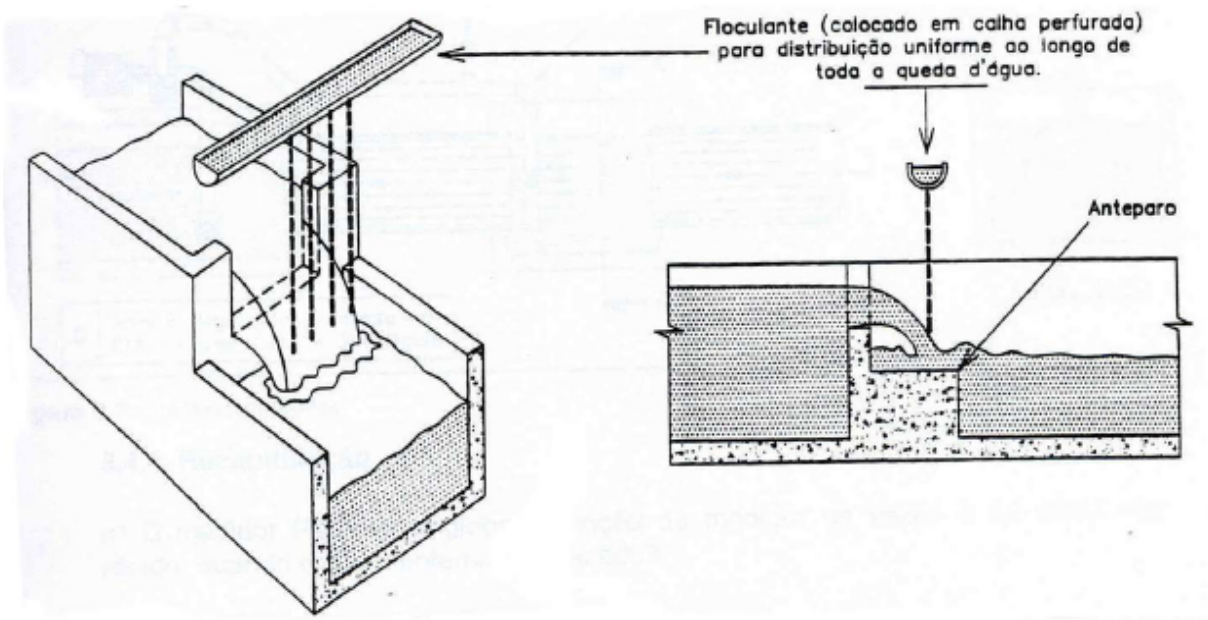

Figura 35: Aplicação de coagulante em vertedouro retangular.
Fonte: Disponível em: <www.saneago.com.br/.../Manual_Operacao_de_Estacao_de_Tratamento_de_Agua.pdf - > Acesso em 26 de maio de 2011.

8.1.3 Malhas difusoras

São equipamentos utilizados somente para a mistura rápida. As malhas difusoras são os misturadores rápidos considerados mais eficientes. Entretanto, são caras e de difícil manutenção.

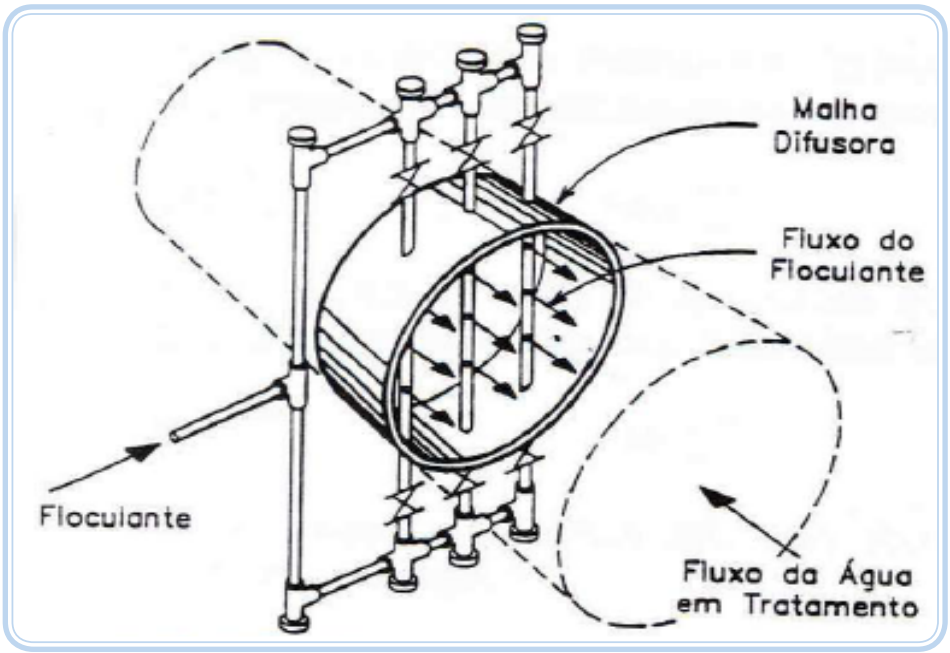

Figura 36: Malhas difusoras hidráulicas.
Fonte: Disponível em: <www.saneago.com.br/.../Manual_Operacao_de_Estacao_de_Tratamento_de_Agua.pdf - > Acesso em 26 de maio de 2011.

8.2 Misturadores mecanizados

Os misturadores mecanizados têm sido pouco utilizados, pois possuem equipamentos que devem ser constantemente revisados devido ao uso e/ou a manutenção inadequada. Mesmo assim, algumas ETAs os utilizam com sucesso.

8.2.1 Turbinas e hélices

São misturadores mecanizados instalados para efetuarem a mistura de produtos químicos. Para que ocorra o bom funcionamento desses equipamentos, é necessário que os mesmos permaneçam alojados em tanques que garantam tempos de mistura pequenos. Adicionalmente, o produto químico a ser misturado deve ser colocado abaixo da turbina ou hélice.

Figura 37: Câmara de mistura rápida com turbina.
Fonte: Disponível em: <http://www.daejundiai.com.br/daesite/biblio.nsf/V02.01/infraestrutura_eta_etapas/$file/foto4.png> Acesso em 27 de maio de 2011.

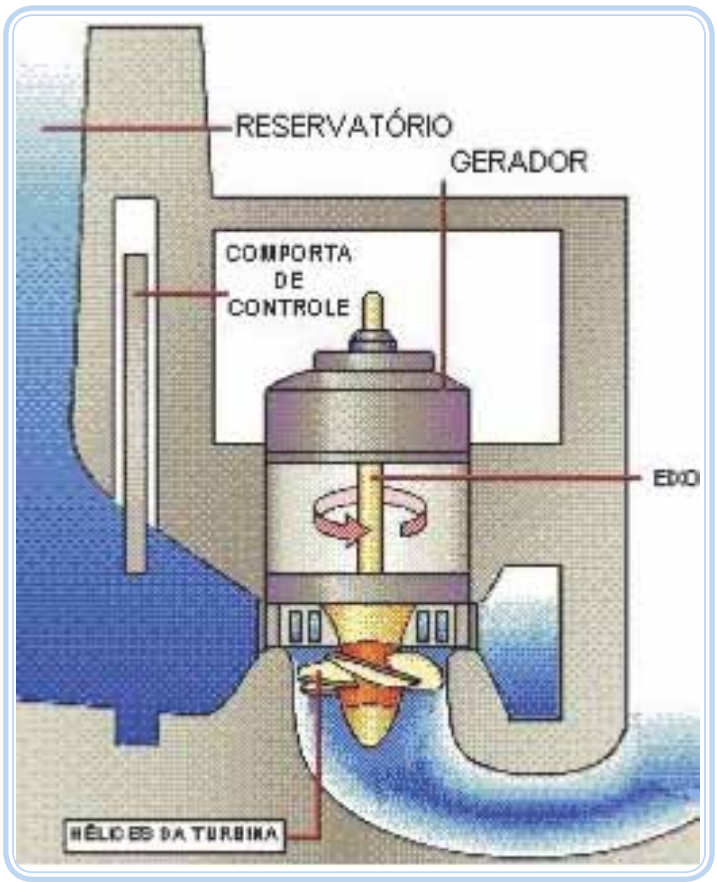

Figura 38: Turbina e hélices hidráulicas.
Fonte: Disponível em: <http://m.albernaz.sites.uol.com.br/Eletromecanica_on_line_Arquivos/turbinashidro.jpg> Acesso em 27 de maio de 2011.

8.2.2 Rotores de bombas

São aparelhos também utilizados para a mistura rápida. Todavia, é necessário verificar se os materiais do rotor e da carcaça da bomba apresentam resistência química e física à ação do coagulante.

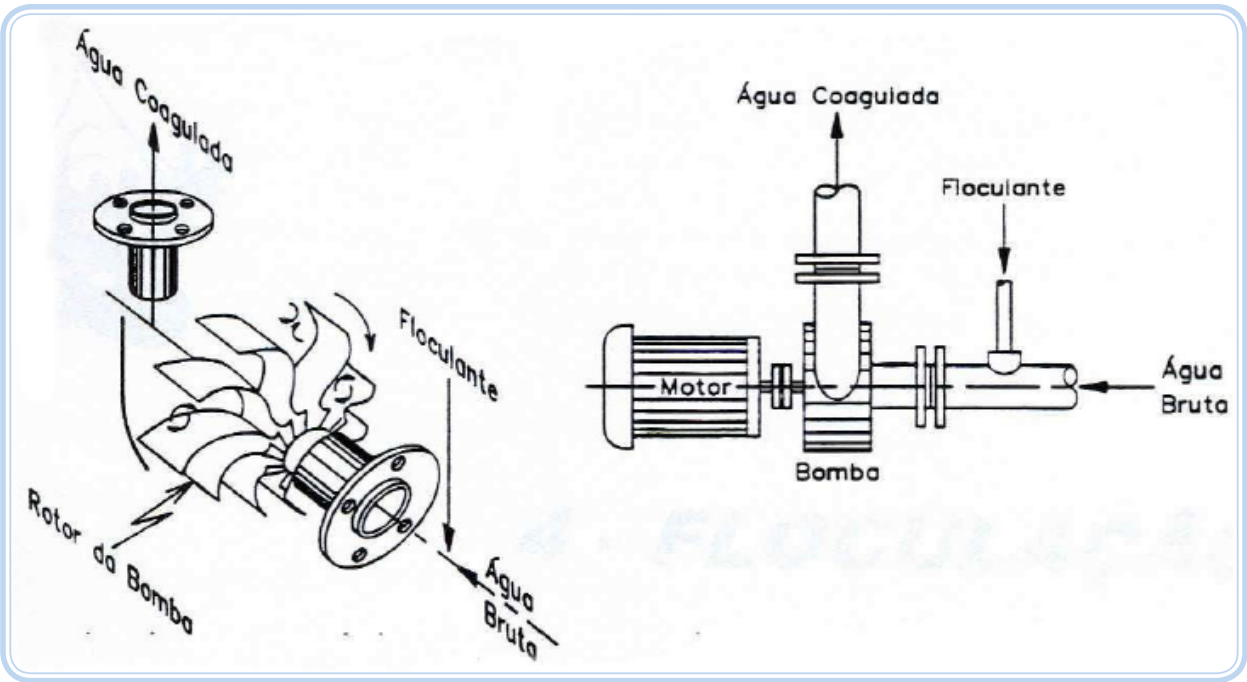

Figura 39: Esquema de funcionamento de bomba e rotor.
Fonte: Disponível em: <www.saneago.com.br/.../Manual_Operacao_de_Estacao_de_Tratamento_de_Agua.pdf - > Acesso em 26 de maio de 2011.

Resumo

Nesta aula, você conheceu os tipos de misturadores hidráulicos e mecânicos empregados para o processo de mistura rápida. Dentre os mesmos, você aprendeu que os misturadores hidráulicos são os mais utilizados, pois dão resultados tão bons ou melhores do que os dos misturadores mecânicos, e não possuem equipamentos que, devido ao uso ou à manutenção inadequada, possam ficar fora de serviço. Entre tais misturadores, você conheceu a calha Parshall, que, além de misturador, é um instrumento para o cálculo de vazão.

Aula 9 - Floculação

Objetivos

Entender o processo de floculação.
Conhecer os tipos de floculadores.
Aprender a normas e os ensaios para o procedimento da floculação.

9.1 Mistura lenta ou floculação

O embasamento da floculação, também chamada de mistura lenta, é a formação de flocos sedimentáveis de suspensões finas através do emprego de coagulantes. Contrariamente à coagulação, a floculação ocorre em um tempo maior, pois tem por objetivo aumentar as chances de contato entre as impurezas da água e os flocos que se formam através da ação do coagulante.

Os flocos formados têm aparência gelatinosa; isto facilita o agregamento de partículas na superfície do floco original. Ao longo do tempo, os flocos aumentam de tamanho (acima de 1 mm de diâmetro) e tornam-se mais sedimentáveis na fase seguinte, a decantação, a qual estudaremos na próxima aula.

A-Z

Sedimentáveis: sólidos em suspensão que se sedimentam sob a ação da gravidade.

Ensaios: experimentos.

Béqueres: recipientes utilizados nos laboratórios de química.

Opalescência: termo utilizado para definir o aspecto leitoso de alguns materiais.

9.2 Tipos de floculadores

Existem duas maneiras de efetuarmos a agitação necessária ao processo de floculação:

- permitindo que a água percorra um caminho com mudanças de direção através de floculadores hidráulicos;
- mantendo a água em agitação constante por meio de floculadores mecânicos.

9.2.1 Floculadores hidráulicos

Floculadores de chicanas

Estes floculadores podem ser de dois tipos: chicanas verticais e chicanas horizontais.

No primeiro tipo, a água percorre o floculador em movimentos, sucessivamente, ascendentes e descendentes. Para evitar que os flocos se depositem no interior das câmaras de floculação, à medida que vão sendo formados, os floculadores de chicanas verticais são projetados para que a velocidade média da água nesses locais não seja inferior a 10 cm/s. Estes floculadores têm muitas câmaras de floculação, de modo geral, cerca de quarenta câmaras.

No floculador de chicanas horizontais, a agitação é garantida pela passagem da água em tratamento por consecutivas mudanças horizontais de direção. Como no caso de chicanas verticais, a velocidade média de escoamento da água em seu interior deve ser superior a 0,10 m/s.

Figura 40: Floculadores de chicanas: de cima para baixo, chicanas horizontais e chicanas verticais.
Fonte: Disponível em: <http:// www.phd.poli.usp.br/phd/docentes/sidney/.../pos/Floculação.ppt> Acesso em 05 de junho de 2011.

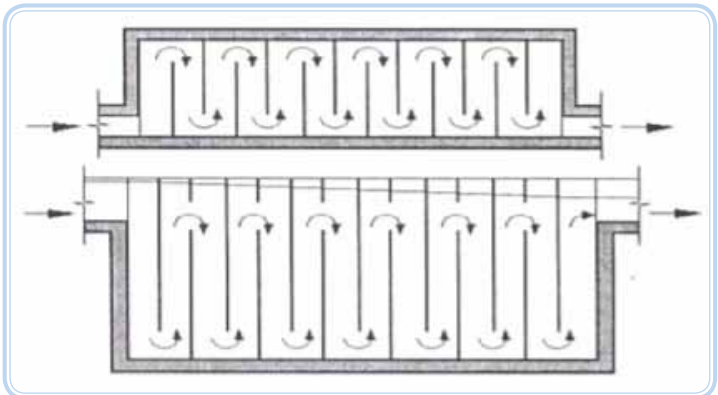

Figura 41: Planta de floculadores de chicanas: de cima para baixo, chicanas horizontais e chicanas verticais (as setas representam o fluxo da água).
Fonte: Disponível em: <http://tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturaPDFdownloads/Agua_Potavel_Tratamennto_Agua_Consumo_Humano.pdf> Acesso em 04 de junho de 2011.

Floculadores Alabama

Construídos em unidades nas quais a água faz um movimento, no começo, ascendente, e depois, descendente. Neste tipo de floculador, as câmaras são sempre conectadas por baixo. Primeiramente, os flocos em formação são lançados para cima, junto com a água em tratamento, em seguida, eles descem com o fluxo da água em direção à passagem seguinte. Desta forma, os flocos que estão subindo colidem com os que estão descendo, resultando na floculação.

Nos floculadores do tipo Alabama, ao contrário dos floculadores de chicanas, não há a necessidade de manter a velocidade média de escoamento superior a 0,10 m/s, pois não há a finalidade de arrastar os flocos para cima. Da mesma forma, nestes floculadores, existem menos câmaras que nos de chicanas verticais. Normalmente, o número de câmaras dos floculadores Alabama é em torno de vinte, sendo, por isto, mais fáceis de serem limpos e ajustados.

Figura 42: Floculador Alabama.
Fonte: Disponível em: <http://lh6.ggpht.com/_KVS5ppXbWs8/Sj85vtlACUI/AAAAAAAAADs/G9JaRokjWus/14.%20FLOCULADOR%20ALABAMA.jpg> Acesso em 02 de junho de 2011.

Floculadores de bandejas perfuradas

Nestes floculadores, a água é inserida na parede acima de cada câmara de floculação. Ao escoar no sentido descendente, ela passa, através de orifícios existentes, numa sequência de bandejas perfuradas, intercaladas perpendicularmente ao sentido do fluxo. A passagem da água por esses orifícios provoca a agitação necessária para que ocorra a floculação. Ao atingir a parte inferior de cada câmara, a água é então conduzida à câmara seguinte através de um duto. Para assegurar o arraste dos flocos formados, esse duto é dimensionado de forma que a velocidade da água em seu interior seja no mínimo igual a 10 cm/s.

Este tipo de floculador tem sido utilizado especialmente em estações de tratamento de águas pré-fabricadas, as quais entenderemos melhor na aula 13 deste caderno.

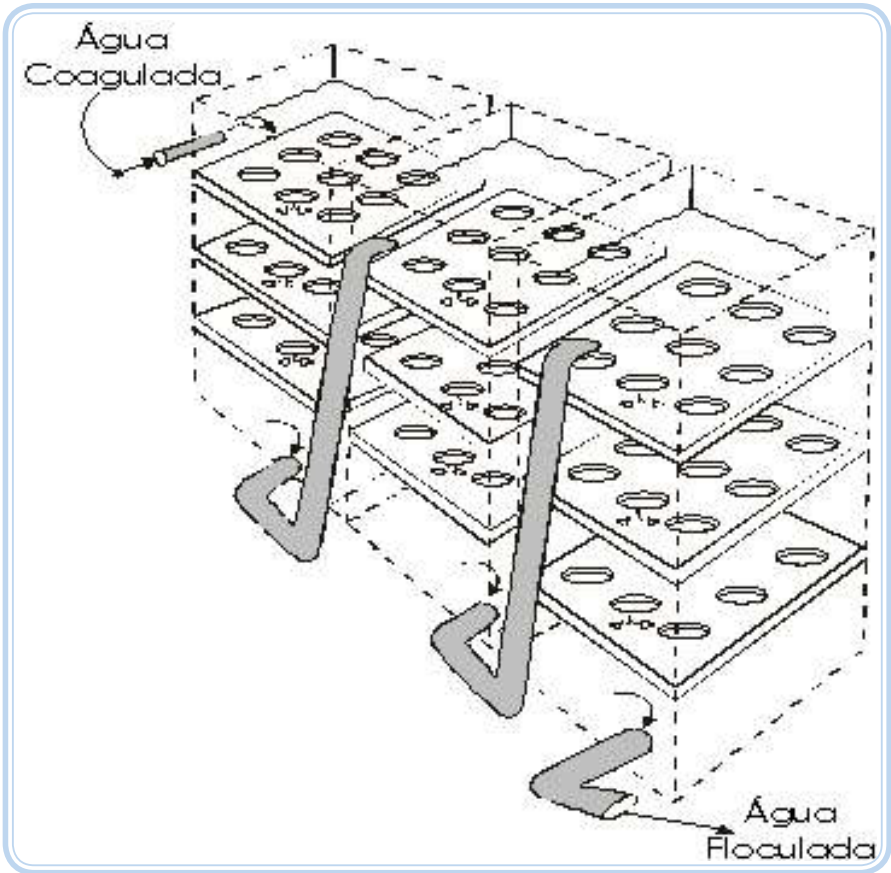

Figura 43: Esquema de floculador de bandeja perfurada.
FONTE: Disponível em: <http://www.saneago.com.br/novasan/concursos/2007/pdf/Manual_Operacao_de_Estacao_de_Tratamento_de_Agua.pdf> Acesso em 02 de junho de 2011.

Os sistemas hidráulicos apresentam algumas desvantagens, como: pouca flexibilidade em relação à variação de vazão; impossibilidade de variar ou de ajustar o gradiente de velocidade e perda de carga relativamente alta. Por outro lado, possuem as seguintes vantagens: custo menor de implantação, operação e manutenção; não exige mão de obra qualificada para operação e manutenção.

9.2.2 Floculadores mecanizados

No Brasil, os principais floculadores mecanizados são os que utilizam paletas (que giram em torno de um eixo) e os que empregam turbinas ou hélices. Como veremos adiante, os floculadores de paleta dividem-se, de acordo com a sua forma de construção, em: floculadores de paleta de eixo vertical, floculadores de paleta de eixo horizontal e floculadores de paleta única de eixo vertical.

Floculadores de paletas

Floculador de paletas de eixo vertical: a água coagulada é introduzida numa série de câmaras. Na primeira delas, o grau de agitação é mais intenso do que na segunda. Da mesma forma, o grau de agitação na segunda câmara é mais intenso do que na terceira, e assim sucessivamente, conforme o número de câmaras. O gradiente de velocidade depende da rotação do eixo e de características da paleta, como altura, espessura e espaçamento. Os eixos são movimentados por conjuntos de motores instalados sobre as passarelas do floculador.

Figura 44: Floculador de paletas de eixo vertical.
FONTE: Disponível em: <http://www.alaqua.com.br/fotosprodutos/floculadorpaletas.jpg> Acesso em 02 de junho de 2011.

Floculador de paletas de eixo horizontal: da mesma forma que o floculador anterior, a água coagulada é introduzida numa série de câmaras; em cada uma delas, o gradiente de velocidade é mais intenso do que na seguinte, e menos intenso do que na anterior. Neste caso, o gradiente de velocidade também depende da velocidade de rotação do eixo e das características da paleta. Porém, os eixos são movimentados por conjuntos de motores instalados no interior de poços secos, construídos ao lado dos floculadores. Essa característica representa a principal desvantagem dos floculadores de eixo horizontal, pois, em dado local, o eixo do equipamento agitador atravessa a estrutura, sendo necessário instalar, nesta região, uma gaxeta (equipamento que impede o vazamento de água no local). Por outro lado, a utilização de floculadores mecanizados de paletas deste tipo pode ser uma alternativa interessante em ETAs de grandes dimensões.

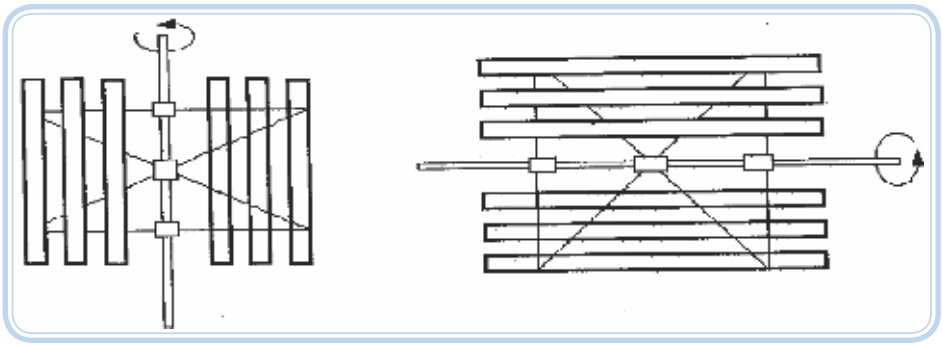

Figura 45: Floculadores mecânicos de paletas: eixo vertical (esquerda) e eixo horizontal (direita).
Fonte: Disponível em: <http://tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturaPDFdownloads/Agua_Potavel_Tratamennto_Agua_Consumo_Humano.pdf> Acesso em 04 de junho de 2011.

Floculador de paleta única de eixo vertical: a estrutura e o funcionamento são semelhantes ao do floculador de paletas de eixo vertical; a diferença encontra-se somente no número de paletas. Algumas estações de tratamento de água brasileiras ainda utilizam este tipo de equipamento.

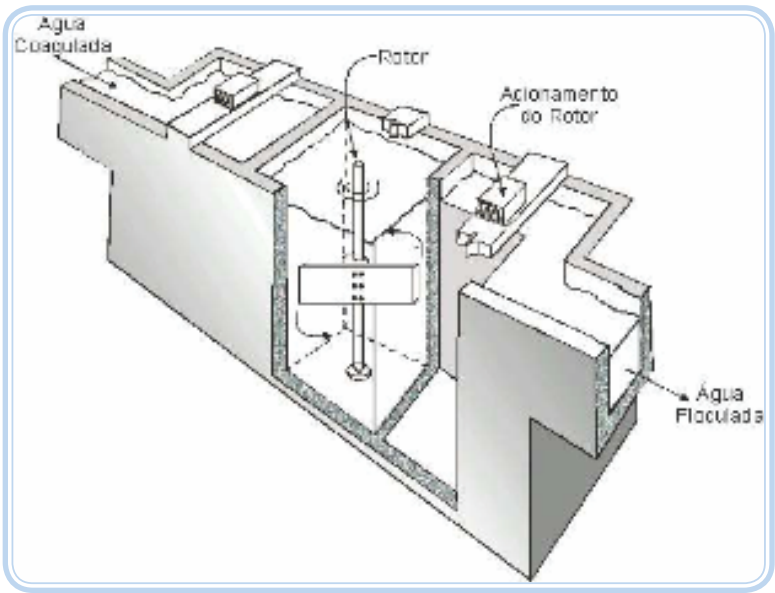

Figura 46: Floculador mecânico de paleta única.
Fonte: Disponível em: <http://tratamentoaguaefluentes.com.br/literaturaPDFdownloads/Agua_Potavel_Tratamennto_Agua_Consumo_Humano.pdf> Acesso em 04 de junho de 2011.

Floculadores do tipo de fluxo axial – turbinas e hélices

Seguindo o padrão que acabamos de ver, dos floculadores de paletas, neste tipo de floculador, a água é introduzida numa série de câmaras, em geral, em número de três. Na primeira delas, o gradiente de velocidade é mais intenso do que na segunda; por sua vez, o gradiente na segunda é mais intenso do que na terceira. O gradiente de velocidade depende da rotação do eixo e das características da hélice ou turbina. Os eixos são movimentados por motores com variadores de frequência.

Figura 47: Floculador axial.
Fonte: Disponível em: <http://www.centroprojekt-brasil.com.br/imagem/03_agua_flocu.jpg> Acesso em 04 de junho de 2011.

9.3 Normas da NBR 12216 para projetos de floculadores

1. G (gradiente de velocidade) e t (tempo) a serem aplicados devem ser determinados por meio de ensaios realizados com a água a ser tratada.
2. Não sendo possível proceder aos ensaios destinados a determinarem o período de detenção adequado, podem ser adotados valores entre 20 e 30 minutos para floculadores hidráulicos, e, entre 30 e 40 minutos, para os mecanizados.
3. Não sendo realizados ensaios, deve ser previsto G máximo no primeiro compartimento, de 70 s-1, e mínimo, no último, de 10 s-1.
4. Deve ser previsto dispositivo que possa alterar o gradiente de velocidade aplicado, ajustando-o às características da água e permitindo variação de pelo menos 20% a mais e a menos do fixado para o compartimento.
5. Os tanques de floculação devem ser providos de descarga com diâmetro mínimo de 150 mm e fundo com declividade mínima de 1 %, na direção desta.
6. Os tanques de floculação devem apresentar a maior parte da sua superfície livre exposta, de modo a facilitar o exame do processo.
7. A velocidade da água, ao longo dos canais, deve ficar entre 10 cm/s e 30 cm/s.
8. O espaçamento mínimo entre chicanas deve ser de 0,60 m, podendo ser menor, desde que elas sejam dotadas de dispositivos para a sua fácil remoção.

9.4 Ensaios de floculação (*Jar-test*)

Os ensaios ou experiências de floculação têm como finalidade a determinação das dosagens ótimas dos coagulantes e do pH ótimo de floculação. A determinação dessas dosagens é feita por tentativa e comparação, através da utilização de um aparelho floculador (conhecido por Jar-test), o qual permite a execução de seis ensaios simultâneos. A amostra de água utilizada (água bruta) deverá ser coletada na caixa de chegada, antes do ponto de aplicação dos coagulantes ou floculantes.

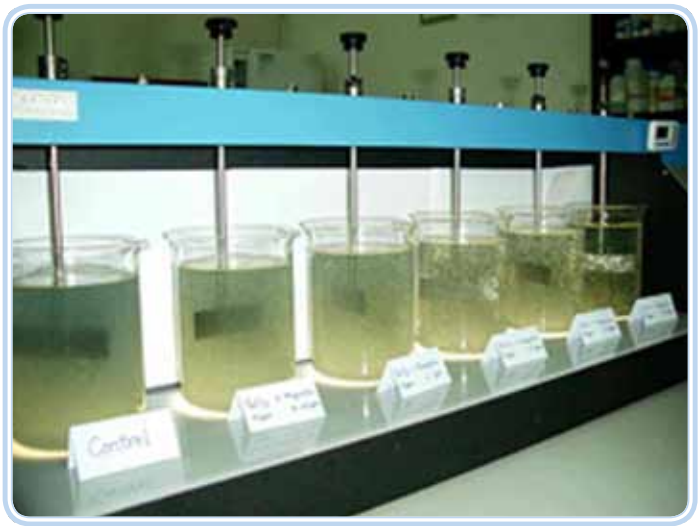

Figura 48: Aparelho floculador Jar-test.
Fonte: Disponível em: <http://water.me.vccs.edu/courses/env110/clipart/jartest.jpg> Acesso em 02 de junho de 2011.

Um ensaio de floculação ocorre em duas etapas, descritas a seguir.

Determinação da dosagem ótima de reagente floculante

1. Utilizar seis béqueres de 1,5 litros, adicionar 1 litro de água bruta em cada um.
2. Adicionar quantidades crescentes do reagente coagulante a partir do segundo béquer (por exemplo: 10, 12, 14, 16 e 18 ppm).
3. Ligar o jar-test, regulando a velocidade no máximo durante cerca de 10 segundos. Depois, regular a velocidade de extração para 40 rpm durante 20 minutos.
4. Após o tempo indicado, desligar o jar-test, observar os flocos formados em cada béquer quanto à quantidade, ao tamanho e à rapidez de sedimentação e medir o pH de cada béquer.
5. A cada béquer, atribuir uma nota de floculação da seguinte maneira: 0 (não existem flocos), 2 (existe apenas opalescência), 4 (flocos pequenos), 6 (flocos médios), 8 (flocos bons) ou 10 (flocos muito bons).
6. Recolher o béquer de maior nota de floculação. Este béquer será o que contém a dosagem ótima de reagente coagulante. Esta dosagem será chamada dS.

Determinação do pH ótimo de floculação

1. Em cada um dos béqueres de 1,5 litros, adicionar 1 litro de água bruta, bem como a dosagem ótima de reagente coagulante “dS” determinada anteriormente.
2. Adicionar quantidades crescentes do reagente alcalinizante a partir do segundo béquer (por exemplo: 5, 10, 15, 20 e 25ppm).
3. Ligar o jar-test, regulando a velocidade no máximo durante cerca de 10 segundos. Depois, regular a velocidade para 40 rpm durante 20 minutos.
4. Após o tempo indicado, desligar o jar-test, observar os flocos formados em cada béquer quanto à quantidade, ao tamanho e à rapidez de sedimentação e medir o pH de cada béquer.
5. A cada béquer, atribuir uma nota de floculação, assim como foi feito no ensaio anterior. O béquer de maior nota de floculação será o que contém a dosagem ótima de agente adjuvante de floculação, e esta dosagem será chamada dA .

Resumo

Na aula sobre floculação, você entendeu melhor este processo baseado na teoria da mistura lenta. Você conheceu os floculadores hidráulicos e mecânicos, bem como suas especificações e particularidades do uso. Para complementar seus conhecimentos sobre a floculação, abordamos também as normas da ABNT e os ensaios necessários para o procedimento.

Atividades de aprendizagem

1) Por que a floculação também pode ser chamada de mistura lenta?

Aula 10 - Decantação

Objetivos

Aprender o processo de decantação.
Entender os principais parâmetros de dimensionamento hidráulico da decantação.
Reconhecer os tipos de decantadores.
Conhecer os formatos, os números, as zonas e os dispositivos de decantadores.
Estudar a limpeza de decantadores.

10.1 Decantação ou sedimentação

Decantação ou sedimentação é o processo de separação dos sólidos da água pela ação da gravidade.

Você já deve ter observado alguma vez que a água em movimento arrasta fragmentos, mantendo-os em suspensão. A remoção desses materiais é obtida a partir da redução da velocidade da água, em tanques chamados decantadores, a ponto de causar a deposição das partículas em suspensão.

Como você sabe, a decantação é uma etapa que antecede a filtração, a qual estudaremos na aula 11. Portanto, quanto melhor for a decantação, melhor será a filtração. Da mesma forma, para que a decantação seja perfeita, são necessários cuidados como: aplicação correta de coagulante no pH ótimo, mistura rápida eficiente e floculação em tempo suficiente para a produção dos flocos.

10.2 Dimensionamento hidráulico para a decantação

No dimensionamento hidráulico para o processo de decantação ou sedimentação, os parâmetros principais que devemos considerar são: taxa de escoamento superficial, em m^3/ m^2. dia; período de detenção ou tempo de residência, em horas; e velocidade de escoamento, em cm/s.

A-Z

Taxa de escoamento superficial: é a quantidade de líquido que é aplicada por unidade de área de uma unidade durante um dia.

Período de detenção: é o tempo médio (geralmente expresso em dias) em que os despejos líquidos permanecem em uma unidade ou sistema.

Velocidade de escoamento: velocidade de movimentação das moléculas de um fluido, umas em relação às outras e aos limites impostos.

É muito importante que você saiba que, se a velocidade da água nos decantadores for muito grande, pode ocorrer o arrastamento de flocos, impedindo-os de serem retidos nos tanques de decantação. Para que tal processo fique claro, estudaremos, a seguir, o funcionamento dos decantadores.

10.3 Tipos de decantadores

A função de um decantador é reduzir a velocidade com que a água passa, para que os flocos que se encontram em suspensão decantem para o fundo. Os flocos que já estiverem depositados no fundo ajudarão no processo, pois funcionarão como imãs, atraindo o material que ainda estiver em suspensão.

Quanto aos tipos, existem os decantadores clássicos ou convencionais e os decantadores tubulares ou laminares. Os decantadores clássicos são aqueles sem nenhum preenchimento. Já os decantadores tubulares possuem placas ou tubos no seu interior para aumentar a área de decantação, sendo, por isto, também chamados de decantadores de alta taxa.

Figura 49: Tanques de decantação convencionais.
Fonte: Disponível em: <http://serv1.codau.com.br:8080/imgTratamentoAgua/decantadores2.jpg> Acesso em 07 de junho de 2011.

Figura 50: Decantador tubular.
Fonte: Disponível em: <http://www.classificadosmercosul.com.br/simaecao/Fotos/fotos%20eta/Foto13.JPG> Acesso em 07 de junho de 2011.

O desenvolvimento dos decantadores tubulares resultou de pesquisas, na área de Engenharia Sanitária, à procura de novas tecnologias de redução dos custos de implantação, manutenção e, principalmente, o aperfeiçoamento das ETAs. Para estes decantadores, a taxa de escoamento pode atingir 200 m^3/m^2 dia. Outra vantagem dos decantadores tubulares é que, em vez de se instalarem novos decantadores ou de se aumentarem os existentes, pode-se transformá-los em decantadores de alta taxa e, com isto, reduzir as despesas com investimentos.

10.4 Formatos e números de decantadores

De acordo com Medeiros Filho (2011), os decantadores podem ser retangulares ou circulares. Os primeiros funcionam melhor quando apresentam profundidade de 4 a 6 metros, e a relação comprimento/largura é maior do que 5:1.

Figura 51: Decantador retangular.
Fonte: Disponível em: <http://www.daebauru.com.br/site2006/material/imagens/decantador.jpg> Acesso em 07 de junho de 2011.

Figura 52: Decantadores circulares.
Fonte: Disponível em: <http://www.aguasdevalongo.net/site/imagens/image002.jpg> Acesso em 07 de junho de 2011.

Ainda segundo esse autor, o número de decantadores em uma ETA depende, basicamente, da capacidade da instalação. As menores estações têm de duas a três unidades. As maiores podem ser projetadas com mais de dez decantadores.

10.5 Zonas dos decantadores

Os decantadores são divididos em seções ou zonas de acordo com a etapa do processo de sedimentação.

- Zona de turbilhonamento: fica na entrada do decantador, na qual ocorre agitamento suficiente para movimentar continuamente os grupos de flocos.
- Zona de sedimentação ou decantação: zona sem agitação, para permitir que os flocos avancem e decantem vagarosamente em direção à zona de repouso.
- Zona de ascensão: zona sem agitação, como a de sedimentação. Porém, na saída, os flocos que não alcançam a zona de repouso seguem o movimento ascensional da água e aumentam a velocidade na passagem pelo decantador.
- Zona de repouso: zona sem agitação e sem interferência do fluxo do decantador.

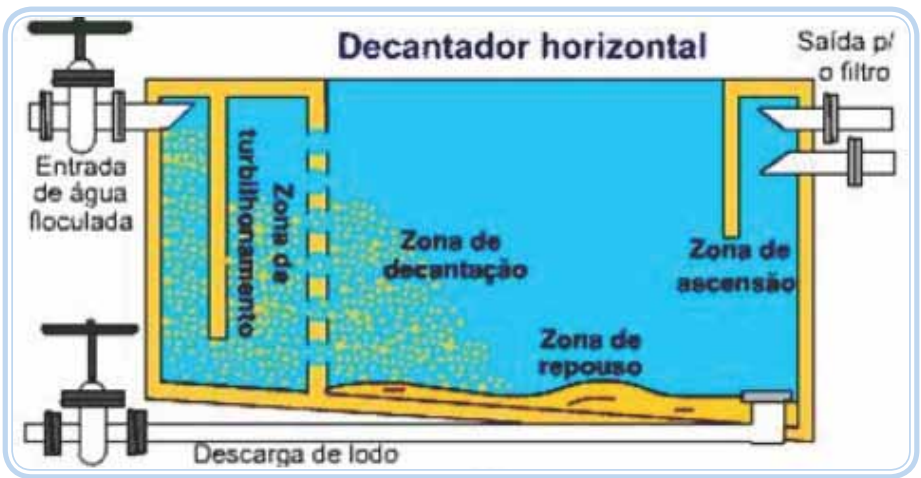

Figura 53: Zonas de decantador.
Fonte: Disponível em: <http://analgesi.co.cc/html/figura/46349_1f.jpg> Acesso em 07 jun. 2011.

10.6 Dispositivos dos decantadores

Para que haja mais eficiência no processo de sedimentação, os decantadores apresentam dispositivos de entrada e de saída da água em tratamento.

- Dispositivos de entrada: possuem o fim de gerar condições para que o fluxo horizontal da água seja o mais uniforme possível. O dispositivo de entrada mais utilizado é a cortina de madeira ou de concreto perfurada, cujos orifícios devem ser dimensionados para velocidades de 0,12 a 0,24 m/s.

- Dispositivos de saída: apresentam vazão controlada entre 2 e 7 l/s (MEDEIROS FILHO, 2011). Os dispositivos de saída mais comuns são os vertedores e as canaletas.

Figura 54: Saída de água de decantador.
Fonte: Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/calhadec.jpg> Acesso em 07 de junho de 2011.

10.7 Limpeza dos decantadores

A limpeza de um decantador precisa ser feita quando o lodo originado do processo de decantação se acumula além da zona de sedimentação do sistema. Tal limpeza deve ser controlada para reduzir as perdas de água resultantes das lavagens dos decantadores. Desta forma, nos diferentes tipos de decantadores, existem seções denominadas de descarga de fundo, as quais têm a finalidade de esvaziar os mesmos.

Figura 55: Esquema de decantador mostrando descargas de fundo.
Fonte: Disponível em: <http://www.o2engenharia.com.br/abastecimento3_clip_image005.jpg> Acesso em 07 de junho de 2011.

Em decantadores de pequeno tamanho, depois de esvaziados, parte do lodo sedimentado em seus interiores precisa ser arrastada até a descarga de fundo para ser retirada. Este arraste é feito manualmente, com o auxílio de jatos de água e rodos. Em decantadores de grande porte, podem ser utilizados equipamentos chamados de raspadores de lodo, os quais dispensam o esvaziamento completo dos decantadores.

Figura 56: Limpeza manual de decantador convencional.
Fonte: Disponível em: <http://www.mogianaonline.com.br/images/stories/cidades/sao-joaquim-da-barra/2010-01/24-02-20105.jpg> Acesso em 07 de junho de 2011.

Figura 57: Equipamento raspador de lodo em tanque de decantação.
FONTE: Disponível em: <http://br.all.biz/img/br/catalog/34626.jpeg> Acesso em 07 jun. 2011.

Nos decantadores tubulares, a limpeza é dificultada pela presença das placas ou dos tubos no seu interior. Assim, projetam-se sistemas de descarga hidráulica, que dispensam a entrada de funcionários para realizarem o arraste manual do lodo sedimentado.

Resumo

Na aula 10, abordamos o processo de decantação ou sedimentação, e foi possível a você entender os parâmetros fundamentais para o dimensionamento hidráulico da decantação. Conhecemos os decantadores convencionais e os tubulares, além de seus possíveis formatos, números, zonas de sedimentação e dispositivos de entrada e saída. Da mesma forma, estudamos a limpeza dos decantadores, abordando os sistemas de descarga, a lavagem manual e os equipamentos raspadores de lodo.

Atividades de aprendizagem

1) O processo de decantação ou sedimentação possui alguma relação com a turbidez da água? Explique.

Aula 11 - Filtração

Objetivos

Entender a teoria da filtração.
Conhecer os tipos de filtros, materiais filtrantes e fundos falsos.
Aprender como ocorre a lavagem dos filtros.

11.1 Introdução

Depois de decantada, a água em tratamento é encaminhada aos filtros das estações de tratamento de água.

A filtração é um procedimento físico no qual a água atravessa uma camada filtrante, de maneira que partículas em suspensão sejam retidas, produzindo uma água mais limpa.

O número de filtros em uma ETA depende do tamanho da instalação, do número de etapas de construção, do tamanho das tubulações e de fatores econômicos. Tradicionalmente, utiliza-se um mínimo de três unidades para vazões de até 50 litros/s; 4 para 250; 6 para 500; 8 para 1000; e 10 para 1500 (NETTO e RICHTER, 2001).

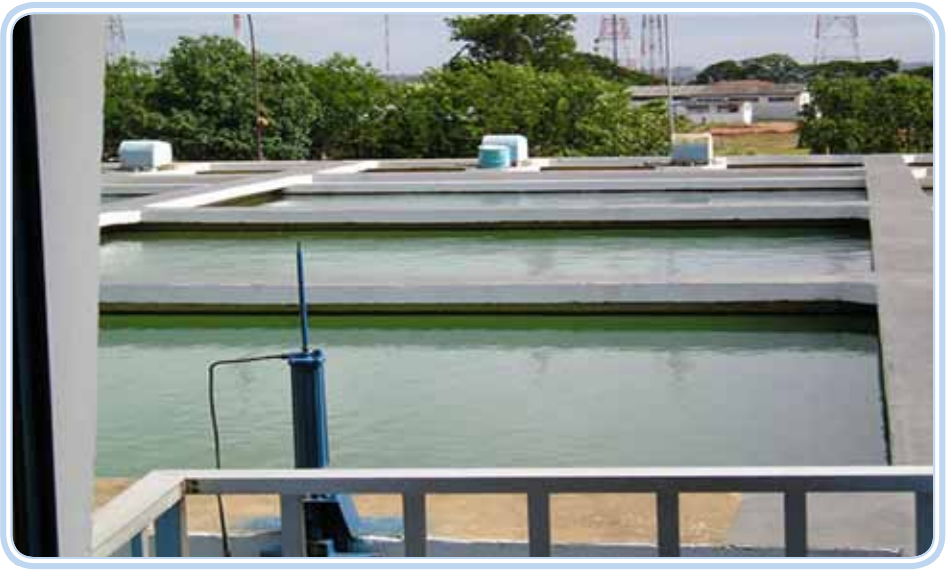

Figura 58: Vista parcial de conjuntos de filtros de ETA.
Fonte: Disponível em: <http://www.daebauru.com.br/site2006/material/imagens/decantador.jpg> Acesso em 13 de junho de 2011.

11.2 Tipos de filtros

Os filtros podem ser de fluxo descendente ou de fluxo ascendente. No primeiro caso, podem ser de camada ou leito filtrante único (simples), duplo ou triplo (embora estes últimos sejam raros no Brasil).

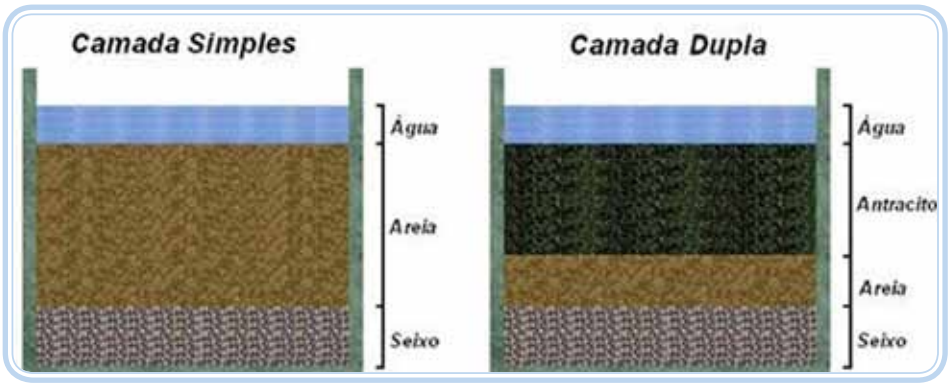

Figura 59: Filtros descendentes.
Fonte: Disponível em: <http://www.carboniferacriciuma.com.br/site/imagens/img_carbotratap1.jpg> Acesso em 13 de junho de 2011.

11.2.1 Filtros descendentes

São os filtros mais utilizados em ETAs. Nestes filtros, a água a ser filtrada é introduzida na parte superior, desce através da camada filtrante e, logo após, através da camada suporte, à qual estudaremos adiante, atravessa o fundo falso (coletam a água filtrada abaixo da camada filtrante) e vai para o reservatório de água filtrada.

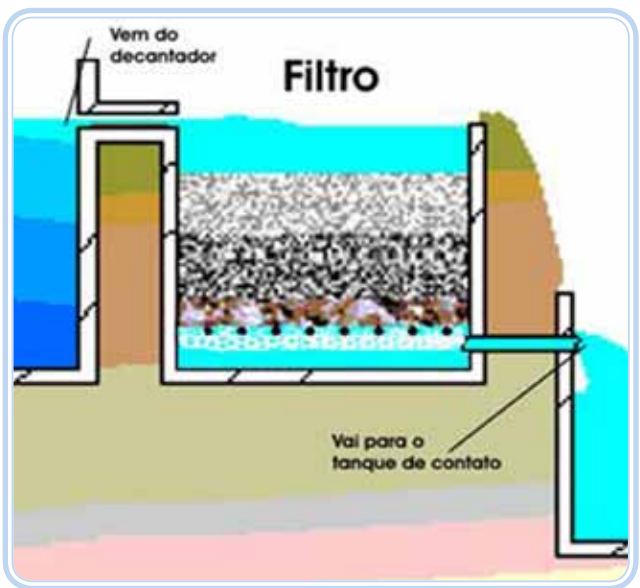

Figura 60: Filtro descendente.
Fonte: Disponível em: <http://www.o2engenharia.com.br/abastecimento3_clip_image009.jpg> Acesso em 15 de junho de 2011.

Os filtros descendentes podem ser classificados conforme o sistema de filtração.

Filtro de carga e taxa constante

É uma versão antiga de filtros descendentes, sendo que os novos projetos de ETAs não o utilizam mais. Neste tipo de filtro, a água decantada é encaminhada até um canal, que a distribui a todos os filtros. Em seguida, ela é introduzida em cada filtro através de uma comporta, afogada ou não. Na saída de cada filtro, existe um medidor de vazão associado a uma válvula de controle. Assim, se o medidor constatar aumento na vazão de água filtrada, ele sinaliza para que a válvula de controle se feche um pouco. Da mesma forma, se o medidor constatar redução na vazão de água filtrada, ele sinaliza para que a válvula de controle se abra um pouco. Deste modo, a vazão filtrada é mantida constante em todos os filtros.

Filtro de taxa constante e carga variável

Neste tipo de filtro, a água decantada é encaminhada a um canal, que a distribui a todos os filtros. Em seguida, ela é introduzida em cada filtro através de uma comporta não afogada, que funciona como orifício do vertedouro para que cada filtro receba continuamente a mesma vazão. Por outro lado, a carga (isto é, a diferença entre o nível d'água no interior do filtro e o nível d'água sobre o vertedouro de água filtrada) irá aumentando com o passar do tempo. Isto porque o filtro vai se entupindo na medida em que retém as impurezas trazidas pela água decantada.

Sistema de taxa declinante variável

Este sistema é composto por diversos filtros funcionando em paralelo. Em cada um deles, a comporta de acesso de água decantada está afogada, isto faz com que todos os filtros do sistema operem como vasos comunicantes, aos quais já estudamos na aula 6 deste caderno. Além disto, como no caso dos filtros de taxa constante e carga variável, a água filtrada é conduzida até um vertedouro, posicionado de tal forma que a sua soleira assegura um nível d'água no interior de cada filtro de, no mínimo, 10 cm. Essa medida permite que a camada filtrante esteja sempre imersa na água, mesmo que a ETA pare de funcionar.

11.2.2 Filtros ascendentes

No interior destes filtros, ocorrem, ao mesmo tempo, a floculação, a decantação e a filtração. Nestes filtros, a água segue um fluxo ascendente para ser encaminhada ao reservatório de água filtrada.

Comporta afogada: espécie de porta metálica submersa que regula o escoamento de um líquido.

Soleira: parte inferior do vão do vertedouro, no nível do piso.

Substâncias voláteis: substâncias que evaporam com facilidade.

Mesh: unidade de medida para granulometria que tem sua origem definida na malha de peneiras.

Retrolavagem: sistema que, através de reversão do fluxo de água, elimina todos os elementos retidos pelas camadas filtrantes.

Contracorrente: corrente contrária à outra.

Fluidificar: fazer passar ao estado fluido.

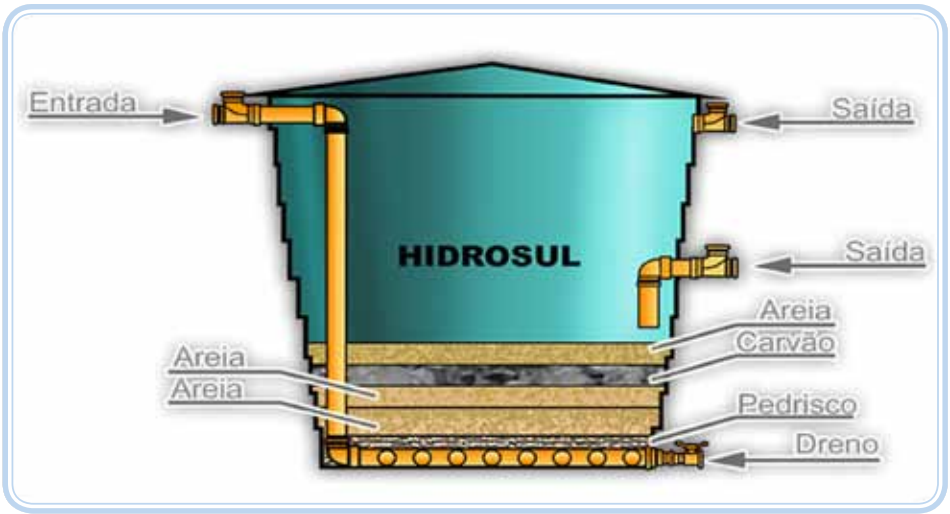

Figura 61: Filtro ascendente: a água entra pelo fundo do filtro e segue em sentido de elevação até a saída do mesmo.
Fonte: Disponível em: <http://www.hidrosul.com.br/Imagens/Figuras/filtro-russo-serie-FT.jpg> Acesso em 15 de junho de 2011.

Os filtros ascendentes também são classificados conforme o sistema de filtração.

Filtro de taxa constante e carga variável

Nestes filtros, a água coagulada é distribuída a cada filtro através de vertedouros com descarga livre, que asseguram a distribuição de vazões iguais em todos eles. Tais vazões mantêm-se constantes ao longo do tempo e em cada filtro. A perda de carga aumenta com o passar do tempo, à medida que ele vai se tornando mais sujo.

Filtro de carga e taxa variável

Neste tipo de sistema, a água coagulada é distribuída a cada filtro através de um sistema afogado. Nessas condições, a perda de carga será igual para todos eles, tendo em vista que ela será igual ao desnível entre a margem vertedoura da calha coletora de água filtrada e o nível d'água no interior da câmara distribuidora. Embora a perda de carga seja a mesma para todos os filtros, ela será variável para o sistema, aumentando com o passar do tempo, à medida que eles forem se tornando mais sujos. A vazão em cada filtro será variável ao longo do tempo porque a água buscará o filtro que estiver menos sujo para atravessar.

11.3 Materiais filtrantes

Os materiais utilizados nos filtros das estações de tratamento de água são basicamente granulares, especificados adequadamente. Os materiais mais utilizados são a areia e o antracito.

11.3.1 Areia

A areia utilizada nos filtros das ETAs pode ser obtida nos rios ou lagos, ou mesmo em praias de água salgada. O importante é que seja limpa, sem barro ou matéria orgânica.

De acordo com Carvalho e Santos (2011), a altura da camada de areia deve ser de 20 cm, e o tamanho específico dos grãos de 0,5 a 0,9 mm.

11.3.2 Antracito

O antracito é um carvão mineral de cor negra e pobre em substâncias voláteis. Sua massa específica é menor do que a da areia, o que faz com que possa ser utilizado sobre a areia sem se misturar com ela. Essa diferença de massas é tão marcante que o antracito poderá ser de grãos maiores do que os de areia.

Pensemos: se o filtro é de areia e antracito, a água passará primeiro pelo antracito, que reterá parte das impurezas. Logo, a areia só reterá o resto da impureza que atravessou o antracito. Diante disto, podemos afirmar que é mais vantajoso utilizar filtros com areia e antracito, ou seja, tais filtros trabalham com taxas de filtração maiores do que as dos filtros que só utilizam areia.

De acordo com Carvalho e Santos (2011), essa camada deve ter altura de 45 cm, e o tamanho efetivo dos grãos deve ser de 0,8 a 1,0 mm.

11.3.3 Camada suporte

A camada suporte depende do material filtrante a ser colocado sobre ela e do fundo falso (o qual detalharemos adiante) sobre o qual ela se apoia. Normalmente, ela é constituída de pedregulhos rolados, colocados em camadas sucessivas, umas sobre as outras, de forma a possibilitar a transição entre o tamanho dos grãos da camada filtrante e o tamanho dos orifícios do fundo falso. Ambos, leito filtrante e fundo falso, definirão o número de camadas e dos diâmetros (máximo e mínimo) dos seixos rolados que as constituem.

Essa camada tem a finalidade de sustentar a areia, bem como a camada de carvão. Sua altura é composta de várias outras camadas de pedregulho em alturas e tamanhos diferenciados:

15 cm de pedregulho (diâmetro 3/16 a 10 mesh);
10 cm de pedregulho (diâmetro 3/10 à 3/8);
10 cm de pedregulho (diâmetro 3/10 à 3/8);
10 cm de pedregulho (diâmetro 3/8 à 5/8);
10 cm de pedregulho (diâmetro 5/8 a 1“);
15 cm de pedregulho (diâmetro 2“ a 1”).

11.4 Tipos de fundo falso

Como já vimos, durante a filtração, os fundos falsos coletam a água filtrada sob a camada filtrante. Existem vários tipos de fundos falsos, descritos a seguir.

Figura 62: Fundo falso pré-moldado de cimento (filtro em construção).
Fonte: Disponível em: <http://4.bp.blogspot.com/_y5VqiCQz0xw/SAZfWkFBpXI/AAAAAAAAABI/gMcBq9uQlaM/s320/PA160008.JPG> Acesso em 13 de junho de 2011.

Fundos patenteados

São fundos que utilizam componentes produzidos por empresas especializadas, que os patentearam. Embora apresentem desempenho muito bom, seu custo é elevado.

Blocos

Podem ser fornecidos em cerâmicas ou em plásticos próprios para a lavagem com água. Os blocos de fundo falso de filtro são usados para contribuir com os meios filtrantes durante a filtração e distribuir uniformemente o ar e a água de **retrolavagem**, quando o meio filtrante precisar ser limpo.

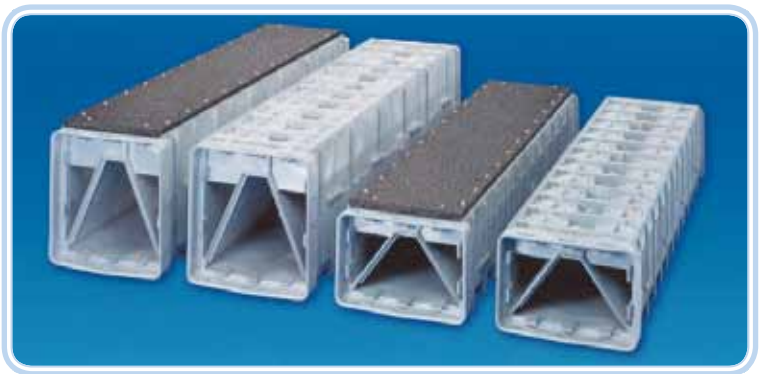

Figura 63: Blocos de plástico para fundo falso de filtro.
Fonte: Disponível em: <http://www.itttreatment.com/pt/ProductPDF/leopold_type_s_underdrain_brochure.pdf > Acesso em 14 de junho de 2011.

Bocais

Placas com aberturas utilizadas em fundos falsos de filtros de fluxo ascendente. Lembre-se de que, nesses filtros, a água introduzida é coagulada, logo, quanto maiores forem os orifícios dos bocais, melhor será o processo.

Figura 64: Bocais empregados em fundos falsos metálicos de filtros ou argamassa de cimento para distribuir uniformemente a água filtrada do meio filtrante.
Fonte: Disponível em: <http://www.hidrotechsp.com.br/sea/foto_15A.jpg> Acesso em 15 jun. 2011.

11.5 Lavagem dos filtros

Assim como ocorre nos filtros em nossas casas, à medida que vão retendo a sujeira, os filtros das ETAs vão se tornando mais sujos e necessitam ser lavados. O período decorrente entre duas lavagens sucessivas de um mesmo filtro é denominado de carreira de filtração.

O que determina a necessidade de se lavar o filtro é um dos seguintes fatores: primeiro, se o filtro sujar demais, a ETA transborda, e, se continuar filtrando, a turbidez da água filtrada excederá o limite aceitável pelo padrão de potabilidade, o qual você estudou na aula 3 deste caderno.

Normalmente, nas ETAs brasileiras, a lavagem é efetuada introduzindo água tratada em contracorrente no filtro a ser lavado, com velocidade suficiente para fluidificar o leito filtrante.

Algumas vezes, efetua-se também a lavagem auxiliar, com água ou com ar, como será visto mais adiante nesta seção.

Figura 65: Lavagem de filtro de ETA.
Fonte: Disponível em: <http://4.bp.blogspot.com/-pR3edkh0JAM/TeT_8q8v2UI/AAAAAAAAABw/9y_h9OSE8Fo/s250/Limpreza%2Bdos%2Bfiltros.JPG> Acesso em 13 jun. 2011.

A seguir, descreveremos as formas pelas quais se efetua a lavagem em contracorrente, utilizada em qualquer caso: com ou sem a lavagem auxiliar.

11.5.1 Lavagem via reservatório

É o modo mais utilizado no Brasil. A água tratada é bombeada até um reservatório situado em nível mais elevado do que as calhas coletoras de água de lavagem dos filtros. Na hora de lavar, basta abrir o registro de água para lavagem. A água proveniente do reservatório será acolhida no fundo falso do filtro e percorrerá (no sentido ascendente) o leito filtrante, fluidificando-o. A água de lavagem, contendo as impurezas removidas do filtro, será coletada pela calha coletora de água de lavagem (pode haver mais de uma dessas calhas em cada filtro). Daí, ela seguirá para o esgotamento da ETA.

É necessário salientar que o volume de água a ser armazenado pelo reservatório deve ser suficiente para promover a lavagem de, pelo menos, um filtro.

11.5.2 Lavagem via bombeamento

Este tipo de lavagem ocorre pela utilização de água bombeada por conjuntos de motobomba, especialmente instalados para este fim.

11.5.3 Sistema autolavável

Algumas ETAs possuem sistemas autolaváveis de filtros ou retrolavagem, nos quais todos os filtros se intercomunicam através de seus fundos. Neste sistema, os filtros são esvaziados antes do processo de limpeza, em seguida, um jato de água de lavagem é introduzido, sendo que tal água é recolhida em um tanque de esgotamento e não vai para o reservatório de água filtrada.

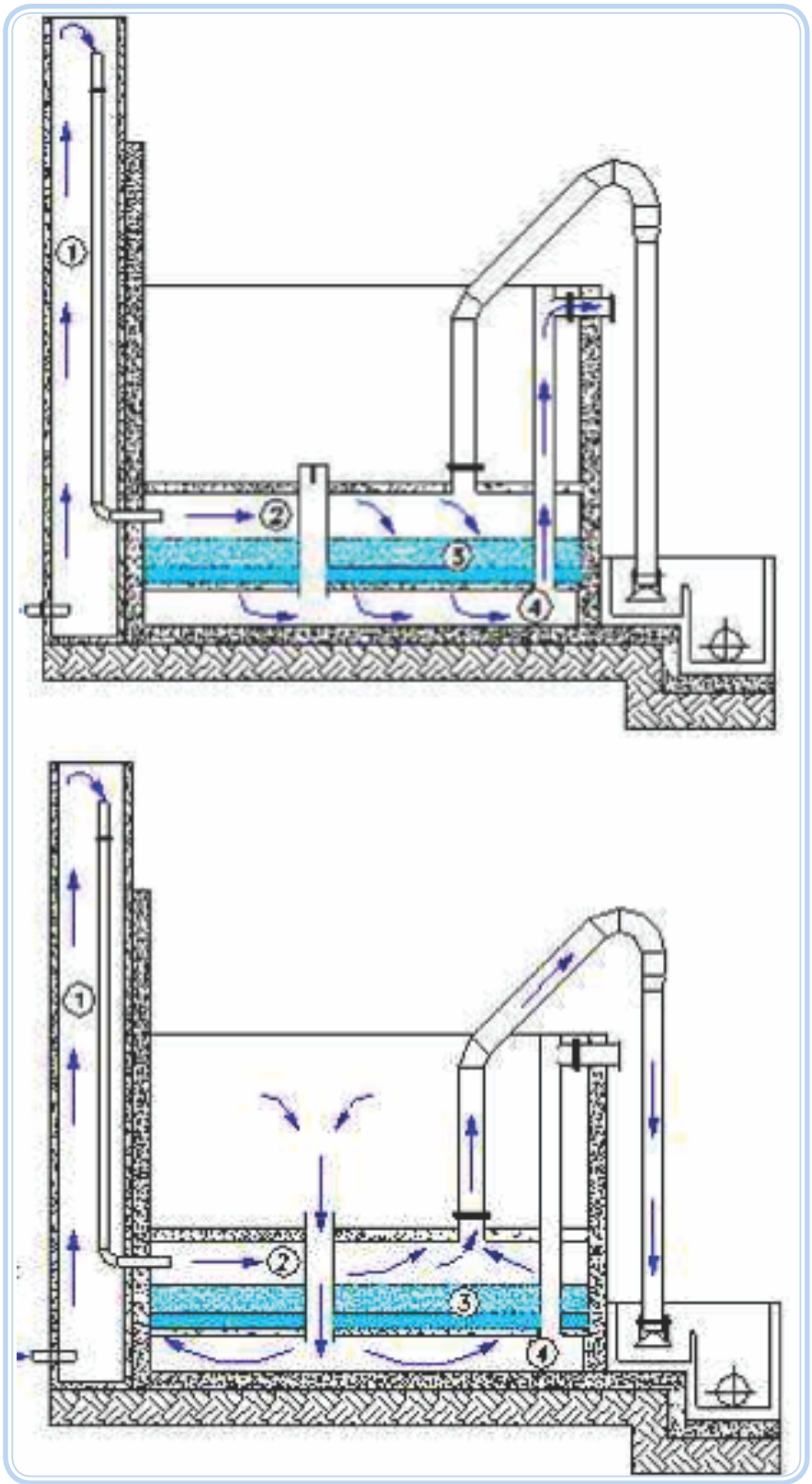

Figura 66: Esquema de filtro autolavável: de cima para baixo, operação normal e retrolavagem.
Fonte: Disponível em: <http://www.okte.com.br/Equipamentos/Equip_arquivos/fa4.jpg> Acesso em 15 de junho de 2011.

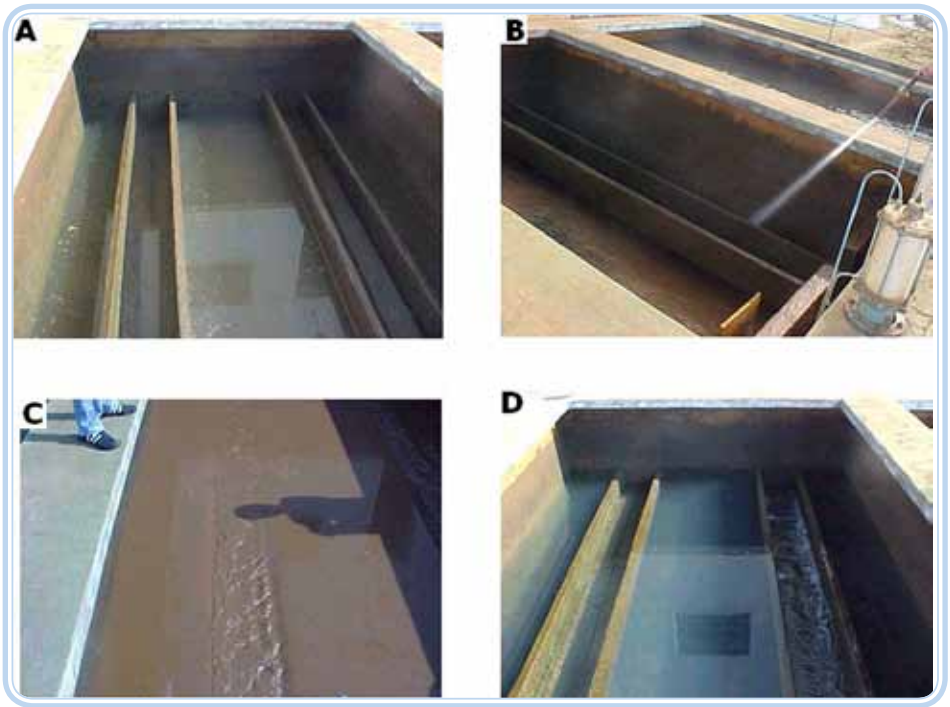

Figura 67: Processo de lavagem de filtro de ETA. Em: (A) esvaziamento do filtro, em (B) lavagem das paredes do filtro, em (C) início da retrolavagem, em (D) restabelecimento do funcionamento.
Fonte: Disponível em: <http://www.saaej.sp.gov.br/images/lavagem3_grande.jpg> Acesso em 15 de junho de 2011.

11.3.4 Sistemas auxiliares de lavagem

Com o objetivo de obter melhor desempenho da operação de lavagem do filtro e também de economizar água, podemos utilizar os sistemas auxiliares de lavagem.

Anteriormente, rastelava-se a superfície das camadas filtrantes simples de areia antes de lavá-las em contracorrente. Hoje, muitos operadores "rasgam" essa superfície com forte jato de água. Essa medida reduz a possibilidade de formação das denominadas "bolas de lama", que surgem em decorrência das crostas superficiais que se aderem aos grãos do leito filtrante e que não são quebradas pela lavagem em contracorrente.

ETAs de maior porte utilizam equipamentos especiais para proceder à lavagem auxiliar do leito filtrante, como os descritos a seguir.

Bocais fixados em braços rotativos: fornecidos para efetuarem apenas a lavagem superficial (caso de leitos filtrantes simples) ou para efetuarem a lavagem subsuperficial (caso de leitos filtrantes duplos).

Lavagem auxiliar com ar: tipo de lavagem muito utilizado na Europa, no qual os filtros que empregam leitos filtrantes de areia com grande espessura utilizam-na, simultaneamente, com a lavagem ascensional com água. Enquanto o ar revolve as partículas de areia para a remoção da sujeira, a água lava os espaços entre as partículas.

Resumo

Nesta aula, você entendeu melhor como ocorre o processo de filtração nas ETAs. Você aprendeu que os filtros podem ser de fluxo descendente ou ascendente. Nesses últimos, além da filtração, ocorre também a floculação e a decantação. Vimos também quais são os materiais filtrantes e os fundos falsos que podem ser utilizados em um filtro. Completando seus estudos sobre filtração, apontamos os possíveis processos de lavagem dos filtros de uma ETA.

Atividades de aprendizagem

1) Diferencie filtro de fluxo ascendente de filtro de fluxo descendente.

Aula 12 - Produtos químicos utilizados no tratamento das águas de abastecimento

Objetivo

Conhecer os principais produtos químicos utilizados nas estações de tratamento de água para o consumo humano.

12.1 Introdução

Os tipos de produtos químicos utilizados em uma ETA podem variar de acordo com o porte da mesma, as características da água em tratamento e os consumidores.

Para que você possa conhecer a variedade desses produtos, listamos os que são considerados mais importantes dentro de cada etapa de tratamento da água. Algumas das etapas e dos produtos químicos de tratamento apresentados você já conheceu no decorrer da nossa disciplina. As etapas ainda não estudadas, como controle de corrosão, controle e remoção de odor e sabor, desinfecção e fluoretação, você conhecerá adiante.

Figura 68: Produtos químicos utilizados nas ETAs.
Fonte: Disponível em: <http://www.mundodakeka.com.br/Imagens/MeioAmbiente/Texto6_01.jpg> Acesso em 16 de junho de 2011.

12.2 Coagulação

- Sulfato de alumínio.
- Sulfato ferroso.
- Sulfato férrico.
- Cloreto férrico.
- Caparrosa clorada (solução de sulfato férrico e cloreto férrico).
- Aluminato de sódio.

Existem ainda substâncias que atuam como auxiliares do processo de coagulação, como:

- bentonita;
- carbonato de cálcio;
- silicato de sódio;
- certos produtos orgânicos, denominados polieletrolitos;
- gás carbônico.

12.3 Ajustagem de pH

- Cal hidratada.
- Carbonato de cálcio.
- Carbonato de sódio (soda ou barrilha).
- Hidróxido de sódio (soda cáustica).
- Gás carbônico.
- Ácido clorídrico.
- Ácido sulfúrico.

Reveja a importância da ajustagem do pH da água para as ETAs e para o ser humano na aula 3 deste caderno.

12.4 Controle de corrosão

O controle da corrosão tem como objetivo eliminar o excesso de gás carbônico na água, que tem efeito corrosivo sobre metais que são, neste caso, as tubulações da ETA. A prática usual é a adição de cal hidratada, ao final do tratamento, para elevar o pH para valores em torno de 8,3 e, com isto, formar uma película de carbonato de cálcio nas tubulações, protegendo-as da corrosão. Valores de pH acima de 8,3 provocam excesso de carbonato de cálcio e, consequentemente, a formação de incrustações nas tubulações.

Os outros produtos, além da cal hidratada, que podem ser usados neste processo são:

- carbonato de sódio;
- hidróxido de sódio;
- polifosfatos de sódio.

12.5 Controle e remoção de odor e sabor

Consiste em processos físicos e químicos que têm em vista melhorar o paladar da água.

Como estudamos na aula 3, as principais causas de sabor e odor na água são: algas, decomposição de vegetais, bactérias, fungos e resíduos industriais. Os produtos químicos utilizados para controlar e remover o odor e o sabor das águas de abastecimento são:

- carvão ativado;
- dióxido de cloro;
- cloro;
- ozônio;
- permanganato de potássio;
- bentonita.

12.6 Desinfecção

A desinfecção da água consiste na eliminação dos agentes causadores de doenças eventualmente presentes na mesma, sendo parte fundamental no processo de tratamento para que se possa abastecer a população com água adequada para o consumo humano.

Tal etapa do tratamento da água ocorre logo após a sua filtração. Grande parte dos micro-organismos, especialmente vírus e bactérias, é removida da água pela decantação e filtração. Todavia, alguns deles poderão estar presentes na água filtrada. Por esta razão, a água filtrada é desinfetada.

Os produtos químicos usados no processo de desinfecção da água para o consumo humano são:

- cloro;
- hipoclorito de sódio;
- hipoclorito de cálcio;
- dióxido de cloro;
- amônia anidra;
- hidróxido de amônia;
- sulfato de amônia;
- ozônio.

Entre os produtos listados, o mais utilizado é o cloro. Para que a desinfecção seja eficiente, a água deve permanecer em contato com o cloro no interior de um tanque denominado tanque de contato. O tanque de contato é utilizado também para a adição de outros produtos químicos à água.

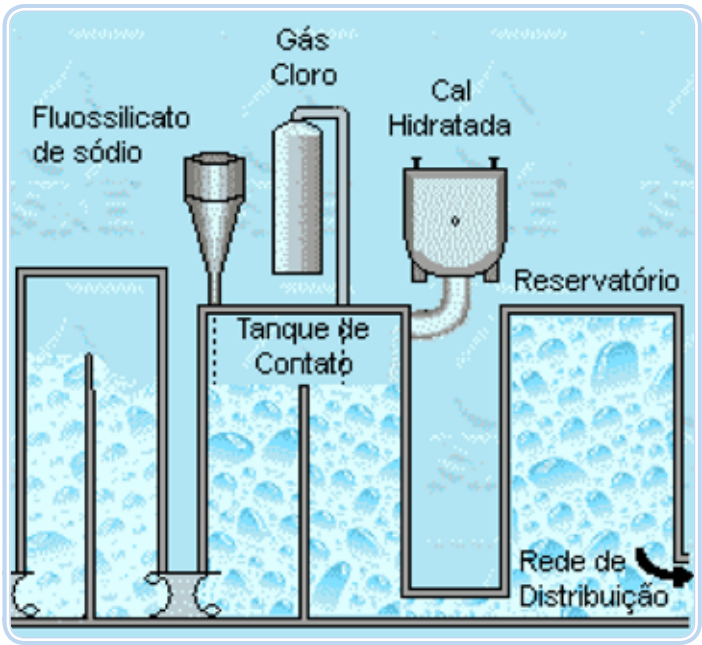

Figura 69: Tanque de contato de ETA utilizado para adição de produtos químicos.
Fonte: Disponível em: <http://www.saeituiutaba.com.br/images/fluxoeta2.gif> Acesso em 16 de junho de 2011.

De maneira geral, nas ETAs brasileiras, o cloro utilizado está na forma de ácido hipocloroso e íon hipoclorito.

A portaria n° 36 do Ministério da Saúde institui que a concentração mínima de cloro residual livre em qualquer ponto da rede de distribuição deverá ser de 0,2 mg/l (MANUAL..., 2006). Para respeitarem tal concentração, as ETAs utilizam aparelhos como os dosadores de cloro e os de análise da quantidade de cloro na água em tratamento.

Figura 70: Dosadores de cloro da ETA Sabesp.
Fonte: Disponível em: <http://fortalezadesentupidora.com/blog/wp-content/uploads/2011/04/1270936096_87086648_5-DOSADORES-DE-CLORO-Sao-Paulo-1270936096-225x300.jpg> Acesso em 17 de junho de 2011.

Figura 71: Aparelho de análise de cloro e pH da água.
Fonte: Disponível em: <http://www.produtosparalaboratorio.com/wp-content/uploads/2010/10/chamada-3400-g.jpg> Acesso em 17 de junho de 2011.

12.7 Fluoretação

A fluoretação tem como objetivo a prevenção da cárie dentária infantil. Esta etapa está prevista pela Legislação Federal (Portaria nº 635/75 do Ministério da Saúde), que recomenda o uso do flúor nas águas de abastecimento (BRASIL, 2011). Os produtos químicos mais utilizados para este processo são:

- fluorsilicato de sódio;
- ácido fluorsilícico;
- fluoreto de sódio (fluorita).

A fluoretação das águas de abastecimento é a forma mais simples, segura e econômica de se levar o flúor à dieta das crianças. Estatisticamente, está confirmado que a ingestão de água fluoretada pelas crianças, desde o seu nascimento, reduz a incidência de cárie dental em cerca de 60% (RAMIRES e BUZALAF, 2007).

O flúor é aplicado em um tanque de contato. Mas é importante que você saiba que, enquanto dosagens abaixo da adequada são ineficazes na prevenção da cárie dentária, dosagens elevadas poderão ocasionar a fluorose dentária, caracterizada pelo aparecimento de manchas nos dentes (NUNES et. al., 2004).

Figura 72: Fluorose dentária.
Fonte: Disponível em: <http://1.bp.blogspot.com/_5VbHJWh7Vn0/TUrrDFDrLkI/AAAAAAAABEo/S0BDxZgjG1M/s1600/teeth2.jpg> Acesso em 16 de junho de 2011.

Segundo os padrões de potabilidade do Ministério da Saúde, a Portaria 635/Bsb (BRASIL, 1977) estabelece os limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias, transcritos na tabela a seguir.

TABELA 2 - Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto em função da média das temperaturas máximas diárias.

Média das temperaturas máximas diárias (°C)	Limites recomendados para a concentração do íon fluoreto (mg.L⁻¹)		
	Mínimo	Máximo	Ótimo
10,0 – 12,1	0,9	1,7	1,2
12,2 – 14,6	0,8	1,5	1,1
14,7 – 17,7	0,8	1,3	1,0
17,8 – 21,4	0,7	1,2	0,9
21,5 – 26,3	0,7	1,0	0,8
26,4 – 32,5	0,6	0,8	0,7

Fonte: Disponível em: <http://www.scielo.br/img/revistas/esa/v14n2/a05tab01.gif> Acesso em 16 de junho de 2011.

Da mesma forma como para o cloro, para que as ETAs cumpram os limites de concentrações de flúor estabelecidos pelo Ministério da Saúde, são utilizados aparelhos de análise do flúor na água em tratamento e dosadores de flúor, também chamados de cones de saturação.

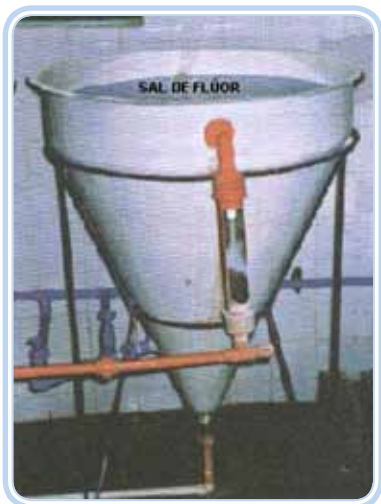

Figura 73: Cone de saturação ou dosador de flúor de ETA.
Fonte: Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/fluor_dosador.jpg> Acesso em 17 de junho de 2011.

Figura 74: Analisador de flúor.
Fonte: Disponível em: <http://www.lfequipamentos.com.br/upload/produtos/big/AQUACOLOR_FLUOR_2008630131852.jpg> Acesso em 17 de junho de 2011.

Como regra geral para todos os produtos químicos utilizados no tratamento das águas de abastecimento, lembre-se:

- nunca armazene produtos químicos diferentes, um em contato com os outros;
- não armazene produtos químicos por longos períodos (máximo de 6 meses);
- os produtos químicos destinados ao tratamento da água e, em especial, os que serão utilizados no final da linha de tratamento, tais como cal de correção e compostos de flúor, não deverão conter produtos tóxicos em sua composição.

Resumo

Os vários produtos químicos utilizados para tratar a água nas ETAs são adicionados à mesma nas etapas de coagulação, ajustagem de pH, controle de corrosão, controle e remoção de odor e sabor, desinfecção e fluoretação. Nesta aula, você conheceu os principais produtos utilizados em cada uma dessas etapas. Da mesma forma, aprendeu a importância das mesmas para a saúde humana, como é o caso da desinfecção e da fluoretação, e para o próprio sistema físico de tratamento da água.

Atividades de aprendizagem

1)
"Apesar da quantidade de flúor encontrada na alimentação ser baixa, boas fontes do micronutriente são chás e peixes de água salgada consumidos com ossos, como a sardinha, por exemplo."

Fonte: Disponível em: <http://www.revista-fi.com/materias/52.pdf> Acesso em 16 de junho de 2011.

Que relação você faz entre a afirmativa dada e a recomendação do Ministério da Saúde (Portaria nº 635/ 75) sobre o uso do flúor nas águas de abastecimento?

Aula 13 - Estações de tratamento de água padronizadas e compactas

Objetivos

Diferenciar as ETAs convencionais das compactas.
Conhecer ETA compacta aberta e ETA compacta fechada.
Aprender as considerações necessárias para a execução de projetos de ETAs.

13.1 Introdução

Você já aprendeu, nesta disciplina, que estação de tratamento de água ou ETA é a parte do sistema de abastecimento de água na qual ocorre o tratamento da água captada na natureza, visando à potabilização para posterior distribuição à população.

As ETAs podem ser padronizadas ou compactas. A decisão de se projetar um dos dois tipos depende das vazões envolvidas, do espaço disponível para a instalação e do tamanho da população que será abastecida. Além disto, segundo Heller e Libânio (1994), a seleção do processo de tratamento deve levar em conta os seguintes fatores:

- as características da água bruta e sua variação ao longo do tempo;
- os padrões de qualidade do efluente a serem adotados;
- a existência de unidades a serem ampliadas ou adaptadas;
- o custo de implantação e de operação;
- os requisitos operacionais;
- a geração de resíduos a serem dispostos no meio ambiente.

A diferença entre ETA padronizada e ETA compacta você entenderá ao longo desta aula.

13.2 ETA padronizada ou convencional

Tipo de ETA que realiza o tratamento completo da água, conforme você já aprendeu, sendo constituída de captação de água bruta, calha Parshall, floculador, filtros, cloração, correção de pH, fluoretação e distribuição.

A ETA convencional é projetada para atender a grandes demandas de água, sendo, por isto, construída em alvenaria. Antes da construção, são necessários estudos com a definição da população a ser abastecida, a taxa de crescimento da cidade e suas necessidades industriais. Além disto, como o sistema convencional é projetado para servir à população por muitos anos, é necessária mão de obra altamente especializada na construção do mesmo.

A-Z

Alvenaria: construção de tijolos ou pedras.

Água clarificada: água com redução da turbidez e da cor.

Consumo per capita médio: volume total de água, distribuída durante um ano, dividido por 365 e pelo número de habitantes beneficiados. É expresso, geralmente, em litros por habitantes por dia (L/hab.dia).

Topografia: descrição exata e detalhada de um lugar, determinando as dimensões, os elementos existentes, as variações altimétricas, os acidentes geográficos etc.

Figura 75: ETA convencional da Copasa.
Fonte: Disponível em: <http://www.copasa.com.br/media/MoRedondo.jpg> Acesso em 17 de junho de 2011.

13.3 ETA compacta

É um tipo de ETA que também realiza tratamento completo da água. Porém, é adquirida pronta e possui capacidade de tratamento estabelecida pelo fabricante. As ETAs compactas são construídas em chapas metálicas ou em materiais plásticos adequados (fibra de vidro, polipropileno, polietileno etc.). Em geral, são utilizadas em cidades de pequeno porte.

13.3.1 ETA compacta fechada ou pressurizada

É uma ETA que funciona sob pressão devido ao seu sistema fechado.

Figura 76: ETA compacta fechada.
Fonte: Disponível em: <http://www.pluvitec.com.br/_IMG/solucoes/etaCompacta1.jpg> Acesso em 17 de junho de 2011.

De acordo com Carvalho e Santos (2011), uma ETA compacta fechada possui os equipamentos descritos a seguir.

- Dispersor hidráulico: destinado a proporcionar a rápida mistura dos reagentes com a água bruta. Os reagentes são injetados através de conexões, especialmente deixadas sobre a tubulação de entrada do mesmo.
- Floculador/decantador tubular sob pressão: destinado à coagulação e à remoção dos flocos pelo processo de lodos suspensos. A remoção dos lodos é feita continuamente, através de uma descarga de fundo. A fim de controlar o processo de coágulo-decantação, lateralmente, dispõe de três coletores e amostras, respectivamente: câmara de lodos (inferior), câmara de água clarificada (posição média superior) e saída para os filtros (parte superior).
- Filtro de areia dupla ação: para filtração de água proveniente do decantador. Dispõe, frontalmente, de distribuidor constituído por tubos, conexões e registros, destinados às operações de filtragem, lavagem e pré-funcionamento do filtro.
- Dosador de produtos químicos: composto por tanque de preparação, bombas dosadoras e tubulação de adução.

13.3.2 ETA compacta aberta

A mesma descrição de ETA compacta fechada, com a diferença de que são abertas, ou seja, não funcionam sob pressão.

Figura 77: ETA compacta aberta.
Fonte: Disponível em: <http://www.enasa.com.br/resources/images/eta-aberta-fibra-vidro.jpg> Acesso em 17 de junho de 2011.

13.4 Considerações gerais sobre ETAs

De acordo com os Processos de Tratamento de Água (2011), projetos para instalações de qualquer tipo de ETA deverão levar em consideração os aspectos dados a seguir.

- Alcance do projeto: de modo geral, as estações de tratamento são projetadas para atender à demanda prevista por um período de 10, 15 ou 20 anos, principalmente em razão da complexidade da obra e dos custos de implantação.
- Capacidade nominal: determinada considerando-se o período de alcance do projeto, a população estimada para o fim de plano e o consumo per capita médio fixado para a localidade.
- Etapas de construção: a fim de viabilizar a realização da obra, a implantação da estação de tratamento pode ser planejada para ser executada por etapas úteis, visando reduzir os investimentos iniciais, diluindo-os ao longo do tempo.
- Localização: a localização da estação de tratamento, entre o ponto de captação e o sistema de distribuição, deverá levar em conta a facilidade de acesso e transporte, a disponibilidade de energia elétrica, o afastamento das águas de lavagem, a disponibilidade de terreno, a topografia favorável para a adução de água bruta e a distribuição de água tratada, o custo do terreno e as condições de vizinhança.

Resumo

Nesta aula, finalizamos nossos estudos sobre o tratamento das águas, aprendendo que as estações de tratamento são construídas para atender às características e às demandas de uma população. As ETAs convencionais, geralmente, são feitas de alvenaria, para abastecer a populações maiores, por outro lado, as ETAs compactas são feitas de materiais diversos (plásticos e metais), para suprir o abastecimento de pequenas cidades. As ETAs compactas podem ser fechadas ou abertas, diferindo apenas na pressurização dos sistemas.

Atividades de aprendizagem

1) Com base nos seus conhecimentos adquiridos sobre o tratamento das águas ao longo desta apostila, indique características que você julga serem necessárias a uma estação de tratamento de água, convencional ou compacta, para que a mesma possa prestar um serviço de qualidade à população. Em seguida, discuta e compare a sua resposta com as dos seus colegas.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. NBR 12216. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 56/BSB. Normas e padrão de potabilidade no Brasil. Brasília, março de 1977.

_____. Ministério da Saúde. Portaria 518. Normas e padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano. Brasília, DF, março de 2004.

_____. Ministério da Saúde. Portaria 635/Bsb/1975. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_635.pdf.> Acesso em 16 de junho de 2011.

CARVALHO, C. C. G., SANTOS, M. F. Manual de operação e manutenção de estação de tratamento de água. Disponível em: <www.saaejaguare.com.br/salvar_arquivo.aspx?cdLocal=2...>. Acesso em 07 de junho de 2011.

FERRAZ, F. Manual de Hidráulica Básica: máquinas e equipamentos mecânicos. Disponível em: <http://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-hidraulica-basica1.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2011.

FREITAS, M. B. Tratamento de água para consumo humano. 2001. Disponível em: <www.tratamentoaguaefluentes.com.br/.../Agua_Potavel_Tratamennto_Agua_Consumo_Humano.pdf>. Acesso em 30 de maio de 2011.

GRASSI, M. T. As águas do planeta terra. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, Edição especial, p. 31-40. 2001.

HELLER, L. e LIBÂNIO, M. Tratamento de águas de abastecimento: fundamentos teóricos e técnicas operacionais. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade da Federal de Minas Gerais, 1994.

IGNÁCIO, R. F. Curso básico de mecânica dos fluidos. Disponível em: <http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/Apostila/Unidade%203/Primeira%20aula%20da%20unidade%203.pdf>. Acesso em 29 de abril de 2011.

MEDEIROS FILHO, C. F. Abastecimento de água. Disponível em: <www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Abastece.pdf>. Acesso em 29 de abril de 2011.

MEDEIROS, M. A. C. Abastecimento de água. Disponível em: <http://www.ceset.unicamp.br/~mariaacm/ST514/mansan02_33_51.pdf> Acesso em 15 de abril de 2011.

NETTO, J. M.; RICHTER, C. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2001. Disponível em: <http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Tratam08_rap.htm> Acesso em 02 de junho de 2011.

NOVAKOSKI. M. J. Cálculo de pressões e vazões em redes hidráulicas. 2005. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências).- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2005.

NUNES, T. V. F. C., OLIVEIRA, C. C. C., SANTOS, A. A., GONÇALVES, S. R. J. Aspectos da fluoretação das águas e a fluorose - revisão de literatura. Odontologia Clínica Científica. Recife, v. 3, n. 2, p. 97-101, maio/agosto, 2004.

OTTONI, A. B.; OTTONI, A. B. A importância da preservação dos mananciais de água para a saúde e sobrevivência do ser humano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., Rio de Janeiro. Anais... v. 3. p. 3731-3737.1999.

PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ÁGUA. Disponível em: <http://www.engenhambi.com.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=43:tratamento-de-guas-de-abastecimento-jos-alberto&download=229:captulo-4--processo-de-tratamento-de-gua&Itemid=2.>. Acesso em 16 de junho de 2011.

RAMIRES, I., BUZALAF, M. A. R. A fluoretação da água de abastecimento público e seus benefícios no controle da cárie dentária - cinquenta anos no Brasil. Ciência e Saúde coletiva. Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 10057- 10065, 2007.

ROSSIN AC. Técnica de abastecimento e tratamento de água. CETESB. 3. ed. São Paulo, v. 2, 1987.

SILVA, T. C. Tópicos básicos sobre gestão de recursos hídricos - Parte I: recursos hídricos no Brasil e no mundo. 2004. Disponível em: <http://www.lrh.ct.ufpb.br/almeida/material/02%20-%20Distribui%C3%A7%C3%A3o%20da%20agua%20no%20mundo%20e%20conceitos%20gerais.pdf>. Acesso em 18 de junho de 2011.

SOUZA, R. O. R. M. Hidráulica: resumo das aulas. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia - Instituto de Ciências Agrárias, 2010.

STEFANELLI, A., OLIVEIRA, M. A. Estudo sobre o uso racional de água no Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos. 2009. 100p. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil). - Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Barretos, SP. 2009.

TOZATO, H. C.; PIRES, E. O. Saúde e meio ambiente. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

Currículo do professor conteudista

Ellen Bárbara Santos Domingues Morais

Mestre em Produção Vegetal no Semiárido – Unimontes.
Graduada em Ciências Biológicas/Bacharelado – Unimontes.

e-Tec Brasil/CEMF/Unimontes
Escola Técnica Aberta do Brasil